

Daniel COURGEAU & Éva LELIÈVRE

Analyse démographique des biographies



ÉDITIONS DE
L'INSTITUT NATIONAL D'ÉTUDES DÉMOGRAPHIQUES
27, rue du Commandeur, 75675 Paris, Cedex 14

1989

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	IX
Introduction	1

Première partie GÉNÉRALISATION DE L'ANALYSE LONGITUDINALE

Chapitre I. — L'observation des biographies	9
A) Divers types d'enquêtes.....	10
B) L'enquête « triple biographie »	12
C) Le problème des pondérations.....	14
D) L'observation incomplète et erronée des enquêtes	17
E) Le problème des troncatures	21
F) Conclusion	22
 Chapitre II. — Formalisation de l'analyse	25
A) Analyse d'une cohorte homogène connaissant un seul événement	26
1) Distribution des échéances, notations, formalisation	26
2) La fonction de vraisemblance	28
3) Temps discret, temps continu	28
B) Analyse d'une cohorte hétérogène et de l'interaction entre phénomènes	30
1) Démographie différentielle.....	31
2) Modèle markovien ou semi-markovien	32
a) Formalisation du modèle	33
b) Relation du modèle avec les processus de comptage poissonniens	34
c) Généralisation du modèle.....	36
C) Vers une analyse plus complète des comportements humains	38
D) Conclusion.....	40

Chapitre III. — Méthodes d'estimation à partir d'observations tronquées.....	43
A) Présentation des troncatures.....	43
B) Troncatures à droite.....	45
1) Estimateur de Kaplan-Meier	46
• Exemples miniatures	49
2) Estimateur de Aalen	50
C) Troncatures à gauche.....	52
1) Une méthode de redressement	53
2) Résultats obtenus.....	54
D) Conclusion.....	57
Chapitre IV. — Étude d'un événement	59
A) Échantillon simple : un événement unique	59
1) Estimation en temps discret	59
2) Estimation actuarielle	60
B) Échantillon simple : risques multiples	62
• Exemples	63
C) Échantillons multiples : tests comparatifs	65
• Exemples	66
D) Conclusion.....	70
Chapitre V. — Étude réciproque des interactions entre deux événements	71
A) Conception de l'analyse	71
1) Deux phénomènes en compétition	71
2) La différenciation dynamique	72
3) Les différents types de dépendance	72
4) Dépendance unilatérale et causalité.....	74
B) Formalisation de l'analyse bivariée.....	75
1) Estimation actuarielle	77
2) Les tests possibles	78
3) Les tests choisis et la convergence des estimations	78
C) Analyse pratique.....	80
1) Simultanéités et intervalles de temps.....	82
2) Représentations graphiques	83
D) Conclusion.....	84
Chapitre VI. — Généralisation à des situations plus complexes	85
A) Présentation et limites de l'application pratique	85
B) Interactions entre 3 événements : deux cas d'étude.....	86
C) Interactions entre 2 événements à occurrences multiples.....	89
D) Conclusion.....	91

Seconde partie

GÉNÉRALISATION DES MODÈLES DE RÉGRESSION

Chapitre VII. — Formalisation statistique de l'analyse paramétrique	95
A) Quelques modèles paramétriques utiles en démographie	95
1) Distribution exponentielle	96
2) Mélange de distributions exponentielles	99
3) Distribution de Gompertz	104
4) Distribution de Weibull	108
5) Distribution Gamma	111
6) Distribution log-normale	112
7) Distribution log-logistique	114
8) Distribution de Fisher-Snedecor (F) généralisée	115
9) Comparaison de diverses distributions	117
B) Modèles de régression	118
1) Modèles à risques proportionnels.....	119
a) Distribution exponentielle	120
b) Distribution de Weibull	120
c) Distribution de Gompertz.....	120
d) Distribution log-logistique	120
e) Vérification de la validité du modèle.....	121
2) Modèles à temps de sortie accélérés	123
a) Liens entre modèles à sorties accélérées et modèles à risques proportionnels.....	123
b) Distribution log-logistique	124
c) Vérification de la validité du modèle.....	124
3) Modèles plus complexes	125
C) Conclusion.....	125
 Chapitre VIII. — Méthodes d'estimation des modèles paramétriques	 127
A) Calcul de la vraisemblance lorsque certains intervalles sont ouverts	128
B) Estimation des paramètres et tests de leur valeur	129
C) Exemples d'estimation des paramètres.....	131
1) Modèle exponentiel.....	131
2) Utilisation de la méthode de Newton-Raphson.....	137
3) Modèle de Weibull	137
4) Modèle de Gompertz	142
5) Modèle log-logistique à occurrences accélérées.....	145
D) Comparaison de modèles paramétriques	149
E) Conclusion	152

Chapitre IX. — Méthodes d'analyse semi-paramétrique	155
A) Des régressions paramétriques aux modèles à risques proportionnels semi-paramétriques	155
1) Définition	155
2) Construction de la vraisemblance	156
B) Méthodes d'estimation	156
1) Estimation des paramètres	156
2) Estimation de la composante non-paramétrique	159
C) Algorithme de Newton-Raphson	160
D) Le choix d'un modèle pour l'analyse des interactions	161
E) Quelques exemples d'application	162
F) Conclusion	165
Conclusion générale	167
A) L'analyse des interactions entre phénomènes	167
1) Formalisation théorique	168
2) Modèles non-paramétriques	169
B) Le traitement de l'hétérogénéité des populations	171
1) Modèles paramétriques	172
2) Modèles semi-paramétriques	173
C) Nouvelles voies de recherche	174
Annexe 1	177
I. Correspondance des termes anglais et français	177
II. Memento des formules de base	177
III. Rappels et démonstrations	179
— Produit intégral	179
— Tester une hypothèse nulle, test général	179
— Normalité asymptotique	180
— Rapport entre les processus de comptage et l'analyse de régression des intervalles	181
— Suggestion de Cox pour l'estimation de la vraisemblance partielle	181
— Processus de comptage et martingales (Aalen)	182
IV. Logiciels disponibles	183
Annexe 2	189
Annexe 3	235
Bibliographie thématique	251
Index des auteurs	263
Index terminologique	265

INTRODUCTION

Jusqu'à présent, l'analyse longitudinale s'est essentiellement développée en considérant séparément chaque phénomène démographique. Son principal objectif était alors d'isoler chacun d'entre eux à l'état pur. En particulier, il était nécessaire de séparer l'influence de l'événement étudié de celle des phénomènes perturbateurs : mortalité et mouvements migratoires. Pour ce faire, un certain nombre d'hypothèses étaient nécessaires, sans qu'il soit, en fait, possible de les vérifier avec les sources existantes [Henry, 1959, 1966].

Il faut bien voir que cette analyse s'est développée à partir de données agrégées, telles que les statistiques de l'état civil ou, dans le meilleur des cas, les données de registres de population. Si ces sources permettent de traiter chaque événement, en éliminant l'effet perturbateur des autres, elles ne permettent guère d'analyser les interactions entre phénomènes. Ainsi trouve-t-on dans les manuels de démographie classique les phénomènes isolés à l'état pur traités séparément dans différents chapitres : nuptialité, fécondité, mortalité, déplacements et migrations [Pressat, 1961; Henry, 1972].

Cependant, certains démographes indiquaient l'utilité d'analyser les interactions entre phénomènes démographiques. Ainsi Pressat [1966], soulignait que « la recherche des corrélations entre phénomènes démographiques, si elle constitue encore un domaine inexploré, devrait pouvoir enrichir considérablement notre connaissance ». Il ne donnait cependant aucune marche à suivre pour analyser ces corrélations. De même Henry [1972], analysant la nuptialité, indiquait que « pour les émigrants, on pourrait être tenté de substituer leur nuptialité à l'étranger à celle qu'ils auraient eue s'ils étaient restés, alors que cette nuptialité à l'étranger dépend de conditions qui peuvent être très différentes ». C'est bien là reconnaître l'interaction entre les deux phénomènes et le changement de comportement vis-à-vis de la nuptialité une fois que les individus ont émigré. Cependant, en l'absence de données, il ne pousse pas plus loin cette analyse.

Un autre problème important, celui de l'hétérogénéité, a également été abordé par Henry [1959]. Si, « dans le cas d'une cohorte homogène, l'histoire statistique des individus composants est la même que l'histoire statistique de la cohorte », ce résultat ne tient plus si l'on travaille sur une cohorte hétérogène. Ainsi, par exemple, dans le cas le plus simple où la population peut être décomposée en deux sous-populations ayant chacune une probabilité différente, mais constante au cours du temps de connaître l'événement étudié, la population d'ensemble n'aura plus

un quotient constant, moyenne des quotients des deux sous-populations. Si cela est bien le cas à l'instant initial, un tri s'opère au cours du temps, éliminant de la population soumise au risque la sous-population ayant le quotient le plus élevé, ce qui fait qu'à partir d'un certain temps le quotient de la population observée tendra vers celui de la sous-population ayant le quotient le plus faible. Cette hétérogénéité pourra être, bien entendu, beaucoup plus complexe et il paraît nécessaire de l'étudier. « Pour savoir, exactement, quelle est la portée pratique de l'hétérogénéité des groupes humains, il faudra pousser les recherches de démographie différentielle jusqu'aux caractéristiques individuelles, physiques et psychologiques, avec le souci d'étudier, à la fois, la dispersion et la corrélation des indices démographiques à l'intérieur des groupes, assez sommaires, considérés jusqu'ici » [Henry, 1959].

Tant que le démographe utilise les statistiques habituellement publiées de l'état civil ou des registres de population, il n'a pas les moyens d'aborder ces deux problèmes fondamentaux : l'analyse des interactions entre phénomènes démographiques et l'analyse de l'hétérogénéité des groupes humains. Il faut donc utiliser d'autres sources qui permettent l'observation suivie d'un groupe d'individus tout au long de leur existence, ou au moins d'une partie de celle-ci, et le recueil du plus grand nombre de caractéristiques de chaque enquêté.

On voit dès lors que l'unité d'analyse ne sera plus l'événement (décès, mariage, naissance, migration, etc.), mais la biographie individuelle, considérée comme un processus complexe. Il ne s'agit plus maintenant de chercher à isoler chaque phénomène à l'état pur, mais, au contraire, d'essayer de voir comment un événement d'une existence peut influencer sur la suite de la vie de l'individu et comment certaines caractéristiques peuvent pousser un individu à se comporter différemment d'un autre.

Ce changement d'optique nous amène à reformuler les bases de l'analyse démographique en termes d'analyse de processus stochastiques complexes. Essayons de voir, plus précisément, comment y arriver.

Ces processus ne se produisent pas dans un espace-temps abstrait, mais prennent leur source dans une structure sociale particulière. Un individu né dans une tribu Lobi du début du xx^e siècle aura une biographie d'un tout autre type que celle d'un individu né dans la France paysanne à la même époque ou d'un individu né dans la France urbaine actuelle. On peut cependant distinguer, dans chacune de ces structures sociales, des systèmes de relations qui sont plus ou moins développés selon le groupe ou la société considérés [Kimball et Pearsall, 1954] : systèmes familial, économique, politique, religieux, d'éducation, associatif et informel. Rien n'interdit bien entendu, que dans le futur, de nouveaux types de systèmes de relations apparaissent. Notre approche ne considère pas une société comme fermée, mais au contraire en évolution perpétuelle.

Chaque membre d'une société donnée est impliqué, simultanément, dans les divers systèmes. Ainsi, un individu vivant actuellement en France peut être impliqué dans le système familial, en tant que cohabitant et père d'un enfant; dans le système économique, en tant qu'ingénieur dans l'industrie automobile; dans le système politique, en tant que conseiller municipal de sa commune; dans le système religieux, en tant que catholique non pratiquant; dans le système d'éducation, en

suivant des stages de perfectionnement dans sa branche; dans le système associatif, en tant que membre d'une équipe de football non professionnelle; et enfin dans le système informel, en participant occasionnellement à des réunions de parents d'élèves en vue de résoudre les problèmes d'éducation de son enfant.

C'est l'interaction entre ces divers types d'implications qui va engendrer un espace et un temps propres à chaque situation. La mobilité spatiale ou professionnelle d'un célibataire peut être beaucoup plus fréquente et porter sur de plus longues distances que celle d'un individu marié, surtout s'il a un ou plusieurs enfants. Ce dernier est en effet lié à sa résidence et à son travail par des contraintes dues au lieu de travail de son épouse, au lieu de scolarisation de ses enfants, etc.

L'analyse des biographies va donc chercher à situer ces changements dans le vécu du temps et de l'espace des individus, dans le cadre de leur société. Il s'agira de voir comment un événement familial, économique ou autre, que connaît un individu, va modifier la probabilité d'arrivée des autres événements de son existence. On cherchera, par exemple, à voir comment son mariage peut influencer sur sa carrière professionnelle, sa mobilité spatiale, l'arrivée d'autres événements, tels que la naissance d'un enfant ou la rupture avec sa famille d'origine, etc.

Nous arrivons bien là à l'analyse des interactions entre phénomènes démographiques dont nous avons indiqué précédemment tout l'intérêt. Cette analyse prend sa place dans l'étude des biographies individuelles.

De la même façon, si l'on cherche à comprendre les comportements d'un individu, il faudra faire intervenir ses origines sociales et toute son histoire passée. Nous supposons ici que ces comportements ne sont pas innés, mais se modifient au cours de l'existence individuelle grâce aux expériences personnelles et aux acquis successifs. Ainsi deux individus de même origine sociale, mais ayant suivi un cheminement totalement différent, auront un comportement vis-à-vis du mariage, de la constitution de la famille, de la carrière professionnelle, etc., qui divergera au cours du temps.

Nous arrivons là à l'analyse de l'hétérogénéité des populations vue sous forme dynamique et non statique. Cette analyse prend donc bien sa place dans l'étude des biographies individuelles.

Notons que cette analyse n'est pas déterministe mais, dès le départ, probabiliste.

Ainsi, de nombreux individus mis dans une même situation conflictuelle de départ, auront des probabilités diverses de trouver des solutions à cette situation avant une certaine date. Certains pourront ne jamais les trouver, d'autres pourront inventer un comportement totalement nouveau qui résoudra peut-être mieux la situation de conflit dans laquelle ils étaient. Nous laissons ainsi à l'individu une marge de liberté pouvant conduire à des situations entièrement nouvelles. Cette marge de liberté permet une évolution de l'humanité, non inscrite à l'origine, mais se déroulant de façon irréversible au cours du temps.

Nous sommes là très proches de Prigogine et Stengers [1988], qui reconnaissent que « l'événement crée une différence entre le passé et le futur... Il est le produit intelligible d'un passé dont il ne pouvait pourtant pas être déduit. Il ouvre à un futur historique où se décidera l'insignifiance ou le sens de ses

conséquences ». On retrouve là cette marge de liberté qui peut conduire à des situations entièrement nouvelles.

Pouvons-nous, dès lors, formaliser cette analyse des biographies que nous avons d'abord présentée de façon non formelle ?

Lorsqu'un individu naît, son existence peut suivre une très grande variété de trajets. En dépit de cela, ces divers trajets sont loin d'être tous également probables. La biographie d'un individu peut dès lors être définie comme le résultat d'un processus stochastique complexe, se déroulant au cours du temps, mais situé dans des conditions historiques, géographiques, économiques et sociales données.

Appelons Ω_θ l'ensemble des histoires de vies ou des parties d'histoires de vie que l'on pourrait observer jusqu'à un instant θ . Comme nous l'avons dit, nous devons nous limiter à l'observation du passé, car le futur introduit des situations nouvelles non déductibles du passé. Par exemple, l'apparition de la profession de garagiste ne pouvait être prévue avant l'apparition de l'automobile et, peut-être dans un avenir proche, des découvertes génétiques étendront jusqu'à cent cinquante ans et plus la durée de la vie humaine. L'analyse que l'on peut réaliser à l'instant t ne tient compte que des comportements passés et les projette vers l'avenir sans faire intervenir leur évolution. Cette évolution se fait cependant à un rythme suffisamment lent pour que l'analyse effectuée sur le passé nous éclaire sur les probabilités des divers événements dans un avenir proche.

Soit ω_n une biographie entièrement observée, où n précède θ et ω_θ une biographie observée jusqu'à l'instant θ , qui n'est pas terminée. On peut dire que les événements de l'une ou l'autre de ces biographies sont des variables définies sur l'espace général Ω_θ . Par exemple l'âge au mariage d'un de ces individus est une application de Ω_θ sur la demi-droite positive.

Dès lors, munissons Ω_θ d'une tribu ⁽¹⁾ $\mathcal{B}_\theta$ des événements que l'on désire analyser dans une population donnée et d'une application P_θ de $\mathcal{B}_\theta$ sur $[0, 1]$, qui va nous indiquer les probabilités de connaître ces divers événements dans la population étudiée. Dans ce cas $(\Omega_\theta, \mathcal{B}_\theta, P_\theta)$ définit bien un champ de probabilité.

Un instant aléatoire T sera alors une application de Ω_θ dans le « temps », que l'on peut cette fois-ci étendre au-delà de θ , en supposant que les probabilités définies avant θ restent les mêmes au cours du temps. Ainsi, par exemple, si un individu n'est pas marié en θ , on suppose que son âge au mariage est une variable aléatoire T suivant la même distribution que celle observée pour les individus déjà mariés, de caractéristiques semblables à lui-même. Cette hypothèse n'est d'ailleurs pas nécessaire et l'on peut se contenter de travailler sur les biographies entièrement terminées, ce que l'on fait en démographie historique.

L'analyse des biographies, que nous proposons ici, va donc consister à estimer la distribution des probabilités des trajets suivis par une population donnée. Cette distribution peut varier d'une sous-population à une autre et peut dépendre de certaines caractéristiques des individus de la sous-population (caractéristiques sociales et économiques des parents et des grands-parents, par exemple). Ces trajets sont caractérisés par des variables aléatoires $T_1, T_2, \dots, T_n$, qui repré-

⁽¹⁾ Ensemble des parties Ω_θ .

sentent les durées de séjour dans les divers états qui les composent. Bien entendu ces variables ne sont pas indépendantes et la distribution des trajectoires que l'on veut estimer résulte de leur distribution conjointe.

Notre approche suppose donc que le comportement des individus peut être décrit comme un processus stochastique complexe. Une fois admis ce modèle, on commence par l'estimation statistique de la distribution des variables précédemment définies que nous développons dans cet ouvrage. Une fois connues, ces distributions permettent d'approcher la distribution plus complexe de l'ensemble de la trajectoire.

Nous partirons d'abord des méthodes de collecte de ces biographies. On ne peut généralement pas disposer du recueil exhaustif des biographies, mais le plus souvent de données recueillies sur un échantillon d'individus dont on n'observe pas toute la biographie. Il nous faudra donc voir les divers problèmes posés par cette observation incomplète.

Nous formaliserons ensuite l'analyse et les méthodes d'estimation en partant des cas les plus simples et en les compliquant progressivement. De l'étude d'un événement, nous passerons à l'étude réciproque des interactions entre deux événements avant de généraliser ces modèles non-paramétriques à des situations plus complexes. Nous passerons ensuite aux modèles paramétriques, qui permettent de faire intervenir l'effet d'un grand nombre de caractéristiques sur la durée de séjour dans un état donné. Nous introduirons enfin des modèles semi-paramétriques qui combinent les deux approches précédentes.

Ces diverses méthodes seront illustrées par des applications à des situations très différentes, afin de montrer leur généralité. Nous donnons en annexe certains programmes qui permettent de réaliser ces analyses, en vue de permettre leur utilisation par le lecteur du présent volume.

Ce manuel fournit à la fois une présentation théorique détaillée des méthodes d'analyse des biographies et une possibilité d'application pratique de ces méthodes à des fichiers déjà existants ou à créer à partir d'enquêtes biographiques.

INDEX DES AUTEURS

Aalen 50, 51, 63, 65, 78, 183

Allison 30

Arjas 30

Blumen 99

Bretagnolle 173

Clarkson 183

Coale 37

Courgeau 12, 14, 19, 33, 36, 52,
73, 74, 75, 82, 89, 99, 144, 149,
162, 164, 170, 171, 172, 174

Cox 77, 130, 155, 158

Crowley 161

Deroo 18

Diamond 185

Duchêne 10, 14, 18

Duke 183

Dussaix 18

Elder 22

Feller 35, 44

Foner 22

Funck Jensen 33

Furstenberg 22

Ginsberg 36

Greenwood 48, 59, 61

Groot 82

Heckman 36, 153, 173

Henry 1, 31, 167

Hinkley 130

Hoem 15, 16, 17, 33, 78

Hogan 22

Hu 161

Huber-Carol 173

Johnson 112

Kalbfleish 39, 116, 129, 156,
187

Kanjar 30

Kaplan 22, 46, 50, 59, 63

Keilman 82

Kertzer 22

Keyfitz 32

Kimball 2

Klijzing 82

Kotz 112

Langevin 22

Lelièvre 14, 52, 73, 75, 82, 89,
162, 164, 170, 174, 187

Lyberg 12, 18

MacCullagh 184

McDonald 185

McGinnis 36

McNeil 37

Meeker 183

Meier 22, 46, 50, 59, 63

Model 22

Monnier 11

Murphy 165

Neft 183

Nelder 184

Nelson 50, 63

Nizard 16

Oakes 77
Olivier 183

Pasta 144
Pearsall 2
Peto 78
Pike 78
Pourcher 12
Prentice 39, 116, 129, 151, 153,
156, 187
Pressat 1, 167
Preston 183
Prigogine 3

Riandey 11, 13
Richards 153, 173
Rogers 32

Shah 185
Siegers 82
Singer 36, 37, 153, 173
Schou 79, 80
Spilerman 37
Stengers 3
Strong 22
Swain 74

Trussell 153, 173
Tuma 144, 186
Turnbull 53

Vaeth 79, 80
Vallin 16

Wagner 52, 73
Wendel 10

INDEX TERMINOLOGIQUE

- Accélérées**
modèle à sorties, 123, 124, 125, 145, 155
- Analyse**
des biographies, 9, 10, 16, 21, 23, 25, 29, 38, 57, 112
démographique, 9, 12, 26, 31, 40, 61, 75, 84
longitudinale, 1, 31, 40, 57
transversale, 31, 40
- Biais** 11, 12, 14, 16, 17, 18, 23, 52, 57, 114
- Binaire**, 15, 20, 118, 123, 128, 134, 144, 145, 148
- Binominale** 28, 47, 48, 65
- Bivarié**
cas, 71, 75, 85, 87
- Caractéristique**, 14, 19, 20, 32, 38, 39, 118, 120, 123, 124, 125, 127, 128, 134, 140, 143, 144, 145, 146, 148, 150, 153, 161, 162, 164, 165
individuelle, 15, 37, 40, 41, 73, 90, 95, 119, 142, 154, 165
- Causalité**, 74
- Comportement**
d'adaptation, 73, 74, 87
de sélection, 16, 17, 23, 73, 87
- Comptage**
processus de, 34, 51, 52
poissonnien, 35, 37
- Convergence**, 53, 54, 78, 79, 80
- Cycle de vie**, 21, 32, 71, 72, 81, 82, 149
- Densité**
conditionnelle, 26, 27, 28, 29, 30, 61, 62, 76, 119, 156
marginale, 76
de probabilité, 26, 68, 76, 96, 97, 100, 101, 103, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 117, 120, 123, 128, 158
- Dépendance**, 72
a priori, 74,
réciproque, 73, 76, 84
unilatérale, 73, 74, 76, 84
- Dirac**
fonction de, 28
- Distribution**
conditionnelle, 17, 96
exponentielle, 17, 35, 37, 45, 46, 96, 97, 99, 101, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 116, 120, 124, 131, 137, 139, 144, 149, 153, 155
gamma, 111
de Gompertz, 104, 108, 111, 120, 145, 149, 155
log-logistique, 114, 116
mixte, 28
normale, 34, 37, 47, 78, 79, 112, 114, 130, 132, 139, 159
de probabilité, 16, 26, 27, 37, 40, 62, 65, 70, 71, 78, 95, 97, 103, 104, 108, 110, 112, 115, 117, 124, 125, 129, 152, 153, 158

Enquêtes

- biographiques, 12, 149
- longitudinales, 11
- à passages répétés, 10
- prospectives, 10, 11, 17, 18, 22, 23
- rétrospectives, 10, 11, 12, 16, 18, 21, 22, 23, 45

Estimateur

- de Aalen, Nelson-Aalen, 46, 50, 51, 63
- actuariel, 77, 78
- de Kaplan-Meier, 46, 47, 51, 52, 59, 63, 160

Exhaustif, 10, 16, 33, 40, 157

Fécondité, 11, 22, 31, 32, 73, 74, 75, 87, 90

Fisher

- matrice d'information de, 47, 130, 137, 146

Graphique

- représentation, 62, 63, 69, 70, 83, 117

Greenwood

- formule de, 48, 59, 61

Hétérogénéité, 25, 30, 31, 37, 38, 40, 72, 118, 153, 165

Histoire de vie, 9, 12, 13, 15, 16, 21, 22, 30, 31

Homogène, 26, 34, 36, 38, 40, 72, 99, 104, 118

Hypothèse proportionnelle, 119, 120, 121

Identité, 34

Indépendance totale, 72, 76

Intégral

- produit, 29, 39

Intensité, 32, 33, 34, 50, 51, 63, 89, 90

cumulée, 51, 63

fonction de, 27

multiplicative, 51, 65

Interactions, 22, 57, 85, 120, 161

analyse, 9, 12, 13, 14, 41, 70, 72, 80, 81, 82, 85

entre phénomènes, 30, 38, 40, 71, 72, 73, 74, 75, 84, 86, 87, 89, 90, 91, 162

Intervalle de confiance, 40, 48, 79, 80, 131, 132, 133

Intervalle ouvert

- à droite, à gauche, 11, 17, 43, 45, 52, 117, 124, 127, 128

Markov

- chaîne de, 33, 34, 35

Markovien

- modèle, 25, 32, 33, 36, 37, 38, 41
- processus, 32, 35

Martingales, 52

Migration, 9 15, 17, 19, 21, 22, 25, 32, 33, 36, 38, 52, 55, 56, 59, 73, 74, 75, 80, 81, 82, 86, 87, 89, 90, 95, 106, 108, 118, 145, 149

Migrant-sédentaire

- modèle, 37, 99, 100, 101, 104, 107, 108, 111

Mortalité, 9, 16, 25, 31, 32, 50, 51, 63, 106

Multiplicatif

- effet, 162
- modèle, 15, 127, 140

Multivarié

- modèle, 51, 52, 85, 86

Newton-Raphson

- méthode de, 137, 140, 143, 146, 148, 151, 160, 161

- Non-paramétrique, 159, 162
 analyse, 19, 40, 43, 52, 57,
 67, 70, 73, 77, 78, 89, 90, 97,
 118, 141, 147, 148, 153
 modèle, 91, 95, 128
- Nuptialité, 11, 16, 31, 32, 75,
 78, 81, 162
- Paramétrique, 84, 127, 128,
 149, 151, 153, 154, 155
 analyse, 19, 40, 73, 89, 91,
 95, 118, 165
 distribution, 63, 90, 95,
 115, 119, 124
- Pareto
 modèle de, 103, 104, 108
- Perturbateur
 effet, 9
 phénomène, 1, 73, 161,
 162
- Poisson
 loi de, 45
 processus de, 36, 46
- Pondération, 14, 15, 16
- Quotient, 15, 16, 29, 31, 40, 41,
 66, 77, 78, 79, 95, 101, 117,
 118, 120, 124, 125, 144, 145,
 146, 147, 148, 152, 153, 154,
 156, 161, 162, 165
 annuel, 61
 cumulé, 62, 63, 70, 83, 84,
 97, 98, 106, 110, 117, 141,
 147
 instantané, 26, 27, 29, 30,
 33, 34, 35, 37, 38, 46, 48, 59,
 60, 61, 65, 68, 70, 75, 76, 77,
 78, 81, 83, 84, 85, 87, 89, 96,
 97, 99, 100, 101, 103, 104,
 106, 108, 112, 113, 114, 115,
 119, 121, 123, 129, 131, 134,
 155, 156, 157, 159, 160, 163,
 164
- Rang
 statistique de, 66
 test de, 65, 78
- Régression, 40, 85, 93, 118,
 155
- Risques, 34, 35, 50, 51, 52, 60,
 63, 78, 84, 129
 concurrents, multiples,
 62, 71, 119
 proportionnels, 32, 119,
 121, 123, 124, 153, 155, 158,
 161
 relatifs, 119, 164
 soumis au, 9, 10, 30, 40, 47,
 51, 52, 53, 59, 63, 65, 78, 79,
 83, 96, 99, 128, 131, 133,
 156, 157
- Savage
 statistique de, 78
- Séjour
 durée de, 15, 17, 19, 20, 22,
 25, 33, 35, 36, 40, 45, 46, 57,
 62, 65, 68, 70, 90, 95, 96,
 100, 108, 118, 123, 144, 145,
 149, 152
 fonction de, 26, 28, 29, 37,
 46, 47, 49, 50, 53, 54, 57, 69,
 76, 83, 84, 96, 97, 98, 99,
 100, 101, 102, 103, 104, 106,
 108, 109, 110, 112, 113, 114,
 115, 116, 117, 120, 122, 123,
 125, 128, 129, 146, 148, 152,
 159
 probabilité de, 34, 59
- Semi-paramétrique
 analyse, 40, 73, 89, 90, 91,
 153, 154, 155, 162
 modèle, 127, 164
- Simultanéités, 77, 78, 82, 83,
 84, 86, 88
- Sondage non-informatif, 13,
 16

Sortie(s)

accélérées, 123, 124, 125
d'observation, 11, 59, 61,
128, 129, 146, 152

Sous-jacent

modèles, 95
quotient instantané, 155,
162, 163

Survie, 64

Temps flou, 82

Transition, 32, 33, 35, 36, 85,
87
probabilité de, 34, 37

Trivarié

modèle, 85, 86, 87, 88

Troncature, 21, 27, 43, 45, 46,
48, 60, 62, 70, 127
à droite, à gauche, 21, 22,
44, 45, 52, 54, 57, 80

Tronqué(e)

donnée, 9, 21, 22, 37, 43,
44, 52, 53, 56, 57
intervalle, 43, 45, 46

Univarié, 51

cas, 71

Variance, 33, 34, 40, 47, 48, 51,
59, 61, 62, 63, 66, 67, 70, 78,
124, 127, 130, 131, 132, 135,
139

Variances-covariances

matrice des, 47, 66, 78,
130, 135, 136, 137, 138, 141,
143, 145, 146, 147, 148, 152,
161

Vraisemblance, 37, 47, 60,

127, 128, 129, 130, 131, 132,
133, 134, 136, 137, 139, 140,
142, 146, 150, 152, 153, 156,
160

fonction de, 28, 39, 152

maximum de, 39, 46, 80,
128, 129, 131, 132, 134, 144,
147, 158, 161

partielle, 156, 157, 158,
159, 160

rapport de, 132, 149
totale, 28