

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION	3
II. CAUSALITE ET LOGIQUE TEMPORELLE	3
1. La Structure ordinaire de l'ordre temporel : Axiomes généraux	4
2. La Structure ordinaire du temps : axiomes spéciaux	4
3. Les Propositions vraies pendant un intervalle temporel	7
4. L'Implication temporelle décalée	9
5. Les constantes logiques temporalisées décalées en général	11
6. Implications décalées variables entre Propositions temporellement étendues et entre processus ou événements	11
7. Les Quantificateurs temporels	17
8. La Destruction et Création d'individus	18
8. Vers un calcul temporalisé des relations	18
10. Modalités temporelles et quantificateurs : la formule de Barcan	20
11. Fusion et fission d'objets dans le temps et la théorie de l'identité temporelle partielle	21
12. A. Logique spatio-temporelle	23
B. L'implication physique de Zinov'ev	27
13. Modalités temporelles et relation causale	28
14. Métrisation des modalités temporelles	32
15. Modalités temporelles et intervalles	33
16. Modalités temporelles et implication décalée	34

17. Modalités temporelles et modalités classiques : l'argument de Diodoros Kronos	37
18. Temps ramifié et Causalité avec définitions des Conditions suffisantes et nécessaires temporelles	40
19. L'implication temporelle ramifiée comme intermédiaire entre l'implication temporelle factuelle et l'implication temporelle subjonctive	47
20. Temps, vérité et existence	49
21. Théorie causale du temps	52
II. CAUSALITE ET LOGIQUE DES CONDITIONNELS SUBJONCTIFS	54
22. Les conditions nécessaires et suffisantes s'expriment à l'aide des conditionnels subjonctifs	54
23. Les relations entre les différents conditionnels présents dans l'implication causale	55
24. Défense de la méthode sémantique dans l'analyse des conditionnels : Description générale de notre recherche	57
25. Première définition sémantique du conditionnel subjonctif et généralisation du test S de Stalnaker vers le test SR et SRC	59
26. Multiplications des relations d'accessibilité R et de fonction de similitude f, et possibilité de R n-adiques, ou définis sur des ensembles, les relations entre R et f	63
27. Nouveaux postulats pour f	64
28. Première esquisse d'une méthode de confirmation des conditionnels subjonctifs	67
29. Dépendance réciproque entre les propriétés de l'analogie et de la fonction f de similitude	71

30. Propriétés formelles de l'implication conditionnelle subjonctive : Transposition, Transitivité et négation	72
31. Interprétation sémantique des conditionnels subjonctifs et propriétés naturelles de ces subjonctifs selon les travaux de Nelson Goodman	76
32. Les modalités synthétiques réelles : propriétés de la relation d'accessibilité ou de possibilité relative : I. les modalités dyadiques	79
33. Multiplicité relations de possibilité relative	81
34. Nécessité de relations d'alternance non linéairement ordonnée	82
35. Impossibilité de la réduction de modalités dyadiques aux modalités monadiques	84
36. Introduction de modalités intermédiaires de façon syntaxique : Burks et Rescher	85
37. Modalités intermédiaires et modèles de Kripke : la relation d'alternance causale et ses propositions de réflexivité, symétrie, transitivité, connexité	87
38. Degrés de modalité et modes de modalité, en rapport avec l'introduction d'individus et de quantificateurs	90
39. Introduction du temps dans les modèles de Kripke— Hintikka	95
40. Introduction de l'implication relevante ("Entailment") dans les modèles de Kripke. Le problème des rapports entre les modèles de Routley, Meyer et Kripke	99
41. Généralisation de la relation de similitude de distance entre mondes possibles	102
42. Les conditionnels subjonctifs avec antécédents ou conséquents impossibles	104

43. Conditionnels et tendances	106
44. Subjonctifs et mondes lointains	107
45. Subjonctifs et mondes voisins	108
46. Similitude et distance : options à prendre dans la définition d'une distance naturelle	108
47. Possibilité relative et distance	111
48. Les degrés de modalité de Goble	114
49. Les modalités relativisées de Hilpinen	116
50. Le conditionnel indicatif fort de Cooper et les rapports entre conditionnels subjonctifs et conditionnels indicatifs forts	118
51. Syntaxe des conditionnels subjonctifs, jusqu'à maintenant sémantiquement définie	122
52. Modification du système de Thomason, exposé par la méthode de Fitch	123
53. Implication conditionnelle subjunctive classique (Stalnaker - Thomason - Lewis) et ses propriétés syntaxiques : intuitions syntaxiques opposées	128
54. Une tentative de définir l'implication subjunctive à l'aide d'opérateurs modaux uniquement Unaires : Aquist	131
55. Modification systématique de l'axiomatique d'Aquist selon non Intuitions sémantiques	133
56. Le statut ontologique des Mondes possibles	144
57. La confirmation inductive directe d'énoncés sur des mondes possibles non réels	147
58. Probabilité des conditionnels subjonctifs probabilité conditionnelle non interprétée	148

59. Probabilité logiciste appliquée à des systèmes avec modalités causales comme termes primitifs	152
60. Le conditionnel subjonctif comme énoncé sur des relations à la limite entre Distributions de probabilité convergentes; le problème de leur confirmation inductive	155
IV. HIERARCHISATION DES ENVIRONS DE L'EFFET ET DE LA CAUSE	165
61. Délimitation du contexte de la cause et de l'effet et problème de son découpage et de sa définition	165
62. La cause est un élément privilégié du contexte : Nature du privilège	167
63. Complexité des voisinages des causes et effets	167
64. Définition abstraite et formelle d'un ordre R—O	168
65. La causalité et la production : leur analogie exprimée par R—O	169
66. Généralisation de R—O vers des relations n-adiques et des multiplicités de relations	170
67. Généralisation de R—O pour une multiplicité de points de référence	171
68. Possibilité d'ordres O définis non pas par rapport à des relations mais par rapport à des prédicats	172
69. Première réalisation particulière de R—O : les hiérarchies conditionnelles de conditions	173
70. Hiérarchie des combinaisons hétérogènes de conditions nécessaires et suffisantes	176
71. La condition 'INUS' de Mackie comme cas particulier de cette réalisation concrète de R—O	178
72. Réalisation concrète de R—O à l'aide de conditions de conditionnements	179

73. Justifications matérielles de la première réalisation concrète de R—O	181
74. Seconde réalisation concrète de R—O à l'aide de structures spatio-temporelles	181
75. Modèle purement temporel de R—O	182
76. Modèle purement spatiel de R—O	183
77. Réalisation spatio-temporelle de R—O et C.J. Ducasse	184
78. Réalisation spatio-temporelle de R—O à l'aide de la structure spatio-temporelle interne des causes et des effets	185
79. Les réalisations spatio-temporelles de R—O expliquent les résultats de Michotte et Piaget en psychologie de la perception de la relation causale	188
80. Le problème des rapports entre les différentes réalisations concrètes de R—O	189
81. Déduction à partir de l'implication spatio-temporelle et de l'implication subjonctive de critères intrinsèques d'hierarchisation pour ensembles de pareilles implications : troisième réalisation concrète	189
82. Quatrième réalisation concrète de R—O : les relations qualitatives et quantitatives entre causes, effets et intermédiaires	191
83. réalisation purement qualitative	191
84. réalisation quantitative	193
85. Cinquième réalisation concrète de R—O par hybridation entre les réalisations précédentes	194
86. Hierarchisation d'ensembles ordonnées de régions causales	195

87. Théories subjunctivistes et objectivistes de la hiérarchisation : comparaison de R—O avec les critères de M. Vanquickenborne	197
88. Sixième réalisation concrète de R—O : les relations probabilistes entre éléments du voisinage de l'effet	198
V' PROBABILITE ET CAUSALITE	201
89. Les connotations probabilistes de la notion de causalité	201
90. La causalité "prima facie" qualitative selon Suppes	202
91. La signification selon différentes définitions de la probabilité et la nécessité de présuppositions causales	202
92. La théorie causale de la probabilité	204
93. la probabilité de l'antécédent causal	206
94. Probabilité et relations temporelles entre cause et effet	207
95. L'inégalité de la probabilité a priori et a posteriori	208
96. La cause prima facie forte de notre système	208
97. Les relations entre la cause prima facie et d'autres événements antécédents ou successifs	209
98. Définition probabiliste de la cause productrice	209
99. Cause productive et cause supplémentaire	211
100. Cause productive et causes indirectes et superflues et suffisantes	212
101. La notion de cause, et celles d'événement et d'occurrence	213
102. Définition de la force dans l'algèbre des événements	215
103. Les liaisons probabilistes entre événements étendues	216

dans l'espace-temps	216
104. Causalité et niveaux d'organisation du réel	218
105. Possibilité de déduction d'une typologie des mécanismes causaux à partir de la définition probabiliste de la causalité productive	219
106. Causalité et anormalité	220
107. Causalité et condition INUS productive probabiliste	222
108. Théorie quantitative de la causalité probabiliste	223
109. Correspondance partielle de la théorie quantitative de Good et de la théorie probabiliste faible de Suppes (cause prima facie)	224
110. La structure du champ causal : les filets et faisceaux de causalité	225
111. Discussion et modifications des axiomes imposés pour la mesure de la force causale	228
112. Conclusion de notre étude des rapports entre causalité et probabilité	233
 VI. STATISTIQUE ET CAUSALITE	 235
113. La renouveau de l'étude de la causalité forte en statistique contemporaine	235
114. La causalité activiste de Herman Wold	236
115. Les problèmes généraux posés par une mesure de dépendance	238
116. Relation directe entre mesure générale de dépendance et logique formelle	240
117. La causalité activiste de Wold rend nécessaire le développement d'un calcul des modalités techniques	242

	445
118. Définition d'un ordre causal de variables dans un système d'équations	244
119. Les chaînes récursives de Tinbergen et l'ordre de calculabilité de Wold	245
120. Obstacle majeur pour la construction de l'ordre causal : les transformations des équations préservant l'adéquation empirique et modifiant la préséance causale	246
121. Combinaison de l'ordre de calculabilité et de l'ordre spatio-temporel chez Wold	246
122. La causalité sur le niveau des faits, de la théorie et du modèle	247
123. Le rapport entre les conditionnels subjonctifs d'une part, l'ordre causal statistique d'autre part.	251
124. Un ensemble Booléen de fonctions et la détermination de l'ordre causal de leurs variables	252
125. Tentative de surmonter les propriétés indésirables de l'ordre causal Booléen par l'introduction de logiques multivalentes	254
126. Généralisation de l'ordre causal pour des systèmes de relations quelconques	256
127. L'ordre causal et la sémantique de Kripke	258
128. Modèle théorique de l'intervention active dans l'interaction entre systèmes discrets (Ds) de Rescher	259
129. Critères de sélection des fonctions admises comme base de l'ordre causal : le critère de proportionnalité	261
130. Le critère de la possibilité d'intervention et ses présupposés causaux	263
131. Critères de sélection en dehors du domaine expérimental : le cas dynamique	264

132. Encore une fois la relation entre l'ordre causal et les conditionnels subjunctifs : Difficultés 266
133. Généralisation de l'ordre causal pour des propositions et analyse du problème de mélange dans ce cas. Résultat négatif : l'axiomatique causale reste présupposée 269
134. Corrélations causales et apparentes : conditions d'estimation des coefficients d'importance dans les équations causales 272
135. Nécessité d'approfondir l'analyse par corrélation 274
136. Réalisation de modèles de la cause productive à l'aide de coefficients de corrélation, d'équations de régression et d'ordres causaux générales 275
137. La comparaison de l'importance de facteurs causaux chez Blalock 280
138. Les dépendances non additives et non linéaires comme moyens pour décrire les variables stratégiques 283
139. Position de Base de Boudon analogue à celle de notre Travail. Influence de Burkheim : nécessité de développement a priori de modèles causaux et rôle éliminateur des coefficients de dépendance 284
140. Typologie des modèles causaux 286
141. Tentative de traduction de la formule de Lazarsfeld en calcul des propositions 287
142. Le coefficient de dépendance 289
143. Progrès des coefficients de dépendance par rapport au problème de l'identifiabilité du mécanisme causal après mélange (sous restriction d'indépendance des résiduels). Démonstration cruciale 291
144. Même les coefficients de dépendance de Boudon, malgré leurs avantages présupposent une axiomatique causale préalable 292

145. Possibilité de caractériser des structures causales sous-jacentes complexes et proches à l'aide des coefficients de dépendance	293
146. Caractérisation d'une structure causale par des coefficients de dépendance appliqués d'abord à des structures complexes, ensuite à des structures comportant des variables hétérogènes	294
VII. AXIOMATIQUE DE LA RELATION CAUSALE	298
147. Axiomatique propositionnelle ou relationnelle, indépendante de la causalité : idéaux optimaux de correspondance	298
148. Anti-réflexivité forte ou faible de l'implication causale	299
149. Antisymétrie forte ou faible de l'implication causale.	300
150. Multiple transitivité faible de l'implication causale	302
151. L'implication causale, son minimum et son maximum	305
152. Implication causale et négation : la causalité de l'absence	305
153. Implication causale et conjonction : la pluralité des causes	306
154. Implication causale et disjonction : les causes alternatives	309
155. L'implication causale avec antécédents ou conséquents contenant elle-même soit des implications, soit des implications causales	310
156. L'implication causale et sa densité locale infinie	310
157. Interprétation de l'implication causale en cascade	312
158. Implication causale et implication logique	315

159. L'implication causale présentant dans ses antécédents et conséquents des quantificateurs ou des modalités	316
160. Expression de l'asymétrie forte entre antécédent et conséquent de l'implication causale par la forme particulière de ses énoncés : l'opérateur T d'une part, les opérateurs modaux d'autre part	316
161. Transposition des propriétés de l'implication causale sur celles d'une relation binaire définie sur un champ d'entités oui ou non Booléennes	319
162. Axiomatisation de la relation causale à l'aide d'une relation multipolaire	320
VIII. INTERPETATION DE L'IMPLICATION CAUSALE EN THEORIE DES AUTOMATES	322
163. L'automate abstrait	322
164. La connexion entre automates : ses degrés d'intensité	323
165. Quelques définitions divergentes de l'implication causale dans la théorie de l'interaction entre automates	324
166. Formalisation d'une des définitions de l'implication causale par interaction entre automates et étude de ses propriétés	325
167. Restrictions possibles sur les connexions entre automates et sur les règles d'interprétation en vue d'augmenter l'adaptation réciproque	327
168. La position de Mario Bunge	328
169. Résultats de la simulation et prise de position philosophique	329
IX. CAUSALITE ET ALGEBRE	
170. La causalité comme opération sur automates et comme opération sur semi-groupes	331

171. L'algèbre causale et l'espace vectoriel : hypothèse de Jean Piaget 332
172. Importance philosophique du choix entre l'algèbre des opérateurs externes sur semi-groupes comme modèle de la causalité et l'algèbre de l'espace vectoriel comme modèle de la causalité 333
173. Groupe et causalité 334
174. Causalité, légalité, conservation, nouveauté 335
175. Le groupe des invariants sous-jacent à l'implication causale 336
176. Liaison détaillée entre théorie des semi-groupes et théorie des automates 337
177. Expression détaillée du rapport entre les liaisons des semi-groupes et les liaisons causales 338
178. Le problème de la décomposition des semi-groupes et celui de l'expression de la causalité 339
179. La causalité dans les algèbres générales non commutatives sans inverses, avec éléments unitaires et zéro faibles et avec associativité réduite : adéquation de ces structures 339
180. Causalité et algèbre générales d'opérateurs : échanges entre ensemble d'objets et ensemble d'opérateurs 342
181. Expression algébrique générale de l'objet-agent : nouveauté de cette notion 346
- X. TOPOLOGIE ET CAUSALITE 347
182. Justification de la tentative de construire une topologie de la causalité 347
183. Un espace métrique causal 348

450	
184. Voisinage et causalité	349
185. Ensembles d'effets et ensembles fermés	349
186. Convergence et causalité	349
187. Continuité et causalité	351
188. Fermeture et causalité	351
189. Topologie générale non-métrique et causalité : vérification des axiomes	352
190. Base et causalité	252
191. Comparabilité des topologies causales	353
192. Frontière et causalité	353
193. La topologie causale est un espace T2 de Hausdorff	354
194. Fonctions causales et leur extension	356
195. Couverture causale de l'espace topologique	357
196. L'Espace causal n'est pas nécessairement compact	357
197. Restrictions sur la cardinalité des couvertures et voisinages causaux	358
198. La couverture causale n'est pas localement compacte	358
199. La topologie causale est connexe ou comporte des composantes connexes	359
200. Causalité et homotopie	360
201. Modalités causales et topologie causale : un problème ouvert	360

	451
XI. THEORIE DES SYSTEMES ET CAUSALITE	362
202. Justification de la considération de la théorie des systèmes : notre option réaliste, et généraliste.	362
203. Le temps comme monoïde	262
204. Un processus est un ensemble de fonctions du temps : la définition faible de Windeknecht et notre définition forte	363
205. Un "processus" ou système est une fonction du temps qui prend comme valeurs des couples de fonctions du temps	363
206. Le processeur n-adique fortement fonctionnel comme constituant de la causalité	363
207. Le processeur causal doit être non bifonctionnel et doit en outre être forcé	364
208. Les processeurs obtenus par opérations binaires et unaires à partir d'autres processeurs : algèbre des systèmes	365
209. La liaison sérielle et les réalisations de $R-O$ à l'aide de cette liaison	365
210. Les liaisons en parallèle	366
211. La causalité et les processeurs multivariables	366
212. La Production et les fusions des fonctions du temps	367
213. La causalité et les liaisons de fragments de processeurs	367
214. La causalité et les opérations unaires sur processeurs	367
215. La causalité comme constitution d'un système non anticipateur à partir de systèmes non anticipateurs	368
216. Les actions du monoïde sur les processus et processeurs	368

217. Conditions d'adéquation pour une expression de la production par des actions transformant des processus les uns dans les autres	369
218. Les différentes espèces de systèmes non anticipateurs	369
219. Les systèmes strictement ou presque non anticipateurs se rapprochent le plus de la production causale	370
220. Amélioration de cette approximation par différentes conditions sur les systèmes non anticipateurs	370
221. Les opérateurs causaux et l'opération de sécature	371
222. Causalité et déterminisme	372
223. Forte synthèse de causalité et déterminisme : définition de la causalité par l'interaction des déterminismes différents	375
XII. PHYSIQUE MATHÉMATIQUE ET CAUSALITÉ	379
224. La notion de cause est non seulement présente dans les sciences appliquées, mais aussi dans les sciences pures	379
225. La causalité potentielle relativiste	382
226. Le théorème de Zeeman : la causalité implique la groupe de Lorentz	383
227. Renforcements et généralisations du théorème de Zeeman : l'espace relationnel	384
228. La causalité potentielle Q renforcée	384
229. Espaces M hétérogènes	385
230. Conditions générales du passage de la causalité potentielle à la causalité actuelle	385
231. Généralisation du groupe G	386

	453
232. Le problème de Zeeman reposé à propos d'espaces hétérogènes et de Groupes généralisés	386
233. De la causalité en relativité spéciale à la causalité en relativité générale : les travaux de Kronheimer - Penrose	386
234. Modifications nécessaires des axiomes de Kronheimer - Penrose	387
235. Les ensembles causaux, temporels et horismotiques modifiés	387
236. Expression des asymétries causales	388
237. Convergence de la théorie de la causalité-production et de la théorie réinterprétée des "girders, beams, links", et des espaces A, B et C	389
238. Le théorème central de Kronheimer-Penrose comme théorème sur la décomposition des espaces causaux	390
239. Les espaces causaux A, B et C	391
240. Les espaces A, B et C hybrides (mélanges de relations causales, temporelles et horismotiques)	392
241. La théorie de la causalité comme théorie sur les sous-espaces linéaires de M_n : théorie intermédiaire entre Zeeman et Kronheimer-Penrose	393
242. Programme de Causalisation des notions clef de Domotor	394
243. Un ensemble vectoriel causal	394
244. Un espace causalement ordonné : ses liaisons avec un ensemble vectoriel agissant sur lui	397
245. Les cônes causaux d'un espace causal	397
246. Conditions de compatibilité d'un ordre spatial et d'un ordre causal	398

247. Définition causale des notions géométriques fondamentales de l'espace O	399
248. Causalité et mécanique quantique	400
249. Axiomatisation de la mécanique quantique à partir de la notion d'expérience : présence de la causalité production	400
250. L'adéquation des axiomes formels de Ludwig au contenu causal de sa description de l'expérimentation	402
251. Suggestions pour des renforcements possibles des axiomes sur l'expérimentation en vue de l'expression de la structure causale	404
252. La problématique de l'interprétation uni-réaliste de la mécanique quantique.	405
253. Conditions d'adéquation pour un dépassement uni-réaliste de la problématique	407
254. Il existe une possibilité (non encore élaborée) de réaliser ces deux conditions d'adéquation en introduisant dans l'univers uni-réaliste la causalité-production	407
255. Les conditions causales imposées à la matrice de dispersion S	408
256. Conclusion : recherches à faire; résultats obtenus, et nouvelles méthodes à utiliser dans l'avenir	410
NOTES	413
TABLE DES MATIERES	437