

codage et transmission de l'information

par georges cullmann

OBSERVATOIRE DE PARIS

Eyrolles
EDITEUR-PARIS

CODAGE ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION

P A R

Georges CULLMANN

Ingénieur E.S.E.

Conseiller scientifique Cie Bull-General Electric

G 271

PRÉFACE

d'André BLANCHARD

Ingénieur Général des Télécommunications

DEUXIÈME ÉDITION

I 20409 / $\frac{3}{3}$



ÉDITIONS EYROLLES

61, boulevard Saint-Germain - PARIS-V^e

1972

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	7
AVANT-PROPOS	13

CHAPITRE PREMIER RAPPELS MATHÉMATIQUES

1.1. <i>Dénombrement et analyse combinatoire</i>	15
1.1.1. Système de numération	15
1.1.2. Permutations. Arrangements. Combinaisons	17
1.2. <i>Eléments de la théorie des ensembles</i>	18
1.2.1. Définitions	18
1.2.2. Opérations sur les ensembles	19
1.2.3. Algèbre des ensembles	20
Exercices	21
1.3. <i>Eléments de calcul des probabilités</i>	22
1.3.1. Définitions et axiomes	22
1.3.2. Identités déduites des axiomes	24
Exercice	26
1.3.3. Fréquence d'un événement	26
1.3.4. Formules de BAYES	28
Exercices	29
1.3.5. Variable aléatoire	31
1.3.6. Vecteur aléatoire	32
1.3.6.1. Distributions conditionnelles — 1.3.6.2. Indépendance des variables — Exercice.	

CHAPITRE 2 THÉORIE DE L'INFORMATION

2.1. <i>Notion d'information</i>	37
2.2. <i>Mesure de l'information. Axiomes</i>	38
2.3. <i>Définition de l'entropie</i>	42
2.4. <i>Quelques propriétés de l'entropie</i>	44
Exercices	45
2.5. <i>Transmission de l'information</i>	55

CHAPITRE 3
SOURCES D'INFORMATION

3.1. Source sans mémoire	57
3.2. Extension d'une source sans mémoire	57
Exercices	59
3.3. Sources de Markov	60
3.3.1. Chaînes ou processus de MARKOV	60
Exercice	63
3.3.2. Source de MARKOV d'ordre m	64
3.3.3. Extension d'une source de MARKOV	66
Exercices	67
3.4. La structure du langage	68

CHAPITRE 4
CODAGE SANS BRUIT

4.1. Propriétés des codes	72
4.1.1. Code à décodage unique	72
4.1.2. Code instantané	74
4.2. Règle permettant de reconnaître un code à décodage unique	74
4.3. Condition nécessaire et suffisante à l'existence des codes instantanés	76
4.4. Extension de la condition précédente aux codes à décodage unique	78
4.5. Codage de l'information sur une voie sans bruit	80
4.5.1. Limite inférieure de \bar{n}	80
4.5.2. Généralisation	82
4.5.3. Recherche des codes optimaux	83
4.5.3.1. Définition — 4.5.3.2. Méthode de R. M. FANO — 4.5.3.3. Généralisation de la méthode — 4.5.3.4. Codes de HUFFMAN — Exercice — 4.5.3.5. Codes de Huffman de base quelconque — Exercice — 4.5.3.6. Efficacité et redondance d'un code.	

CHAPITRE 5
VOIES DE TRANSMISSION

5.1. Définition	89
5.2. Voie de transmission sans mémoire	90
Exercice	91
5.3. Extension d'une voie de transmission	93
5.4. Information mutuelle entre l'entrée et la sortie d'une voie	93
Exercice	95
5.5. Principaux types de voies	97
5.5.1. Voie sans bruit	97
5.5.2. Voie déterminée	98
5.5.3. Voie indépendante	98
5.5.4. Voie symétrique	98
5.6. Capacité d'une voie	100

CHAPITRE 6
TRANSMISSION DE L'INFORMATION

6.1. Influence de la voie dans la transmission de l'information	103
6.2. Interprétation d'un message transmis sur une voie	104
Exercices	106
6.3. Réduction des effets de bruit de la voie	107
6.3.1. Appréciation du risque	107
6.3.2. Théorème de SHANNON	110
6.4. Codage de l'information	113
6.4.1. Définition du codage	113
6.4.2. Codage de l'information sur une voie binaire symétrique	113

CHAPITRE 7
CODES DÉTECTEURS ET CORRECTEURS D'ERREURS

7.1. Distance de Hamming	117
7.2. Codes linéaires	120
7.2.1. Espaces vectoriels	120
7.2.2. Définition d'un code linéaire	122
7.2.3. Matrice génératrice et matrice de contrôle	125
7.2.4. Détection et correction des erreurs	126
7.3. Codes de Hamming	127
7.3.1. Codes (n, m) correcteurs d'une erreur simple	127
7.3.2. Codes décelant une erreur double et corrigeant une erreur simple	130
7.4. Codes cycliques	131
7.4.1. Polynôme générateur	131
Exercice	133
7.4.2. Détection des erreurs pour les codes cycliques binaires	134
7.4.2.1. Détection d'une erreur simple — 7.4.2.2. Détection d'un nombre impair d'erreurs — 7.4.2.3. Détection de deux erreurs — 7.4.2.4. Détection des erreurs simples, doubles et triples.	

ANNEXES

1. — Table des puissances de 2	137
2. — Triangle de Pascal	139
3. — Table des logarithmes de base 2	140
4. — Table des fréquences individuelles de la langue française	141
5. — Table des polynômes irréductibles et primitifs de degrés $n = 3$ à 34 (avec un minimum de termes)	142
BIBLIOGRAPHIE	143

ÉDITIONS EYROLLES

CALDWELL - Les circuits de commutation et leur conception -
774 p., 1967

DENIS-PAPIN & CULLMANN - Exercices de calcul informationnel avec
leurs solutions - 222 p., 1967

DENIS-PAPIN & MALGRANGE - Exercices de calcul booléen avec
leurs solutions - 300 p., 1966

DENIS-PAPIN, KAUFMANN & FAURE - Exercices de calcul opérationnel
avec leurs solutions - 192 p., 1966

— — — Exercices de calcul matriciel et
de calcul tensoriel avec leurs
solutions - 172 p., 1970

KAUFMANN & DOURIAUX - Exercices de calcul des probabilités -
188 p., 1968

LENGYEL - Introduction à la physique du laser - 360 p., 1968

PERREAU - L'enregistrement magnétique de mesures - 136 p., 1969

RADIX - Introduction au filtrage numérique - 240 p., 1970

ROBICHAUD, BOISVERT & ROBERT (J.) - Graphes de fluence.
Applications à l'électrotechnique et à l'électronique.
Calculateurs analogiques et digitaux - 238 p., 1961

ROUAULT - Télétrafic - 344 p., 1970

THURIN - Systèmes asservis - 392 p., 1971

ÉDITIONS EYROLLES