

Merouane Bouzid

Codage conjoint source-canal

Fondements de base et applications

SUR GRIN VOS CONNAISSANCES SE FONT PAYER



- Nous publions vos devoirs
et votre thèse de bachelor et master
- Votre propre eBook et livre –
dans tous les magasins principaux du monde
- Gagnez sur chaque vente

Téléchargez maintenant sur www.GRIN.com
et publiez gratuitement



Bibliographic information published by the German National Library:

The German National Library lists this publication in the National Bibliography; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de> .

This book is copyright material and must not be copied, reproduced, transferred, distributed, leased, licensed or publicly performed or used in any way except as specifically permitted in writing by the publishers, as allowed under the terms and conditions under which it was purchased or as strictly permitted by applicable copyright law. Any unauthorized distribution or use of this text may be a direct infringement of the author s and publisher s rights and those responsible may be liable in law accordingly.

Imprint:

Copyright © 2014 GRIN Verlag
ISBN: 9783656820345

This book at GRIN:

<https://www.grin.com/document/282555>

Merouane Bouzid

Codage conjoint source-canal

Fondements de base et applications

GRIN - Your knowledge has value

Since its foundation in 1998, GRIN has specialized in publishing academic texts by students, college teachers and other academics as e-book and printed book. The website www.grin.com is an ideal platform for presenting term papers, final papers, scientific essays, dissertations and specialist books.

Visit us on the internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Codage conjoint source-canal

Fondements de base et applications

Merouane BOUZID

Codage conjoint source-canal

Fondements de base et applications

Merouane BOUZID

Maître de conférences et directeur de recherche
Faculté d'Electronique et d'Informatique,
Université des Sciences et de la Technologie
Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie

Table des Matières

Avant-propos	viii
Liste des abréviations	xiii
Liste des notations	xv
 Chapitre 1 : Principe de base et approches du codage conjoint source-canal	 1
1.1 Système de communication numérique	2
1.2 Fondements de base du codage conjoint source-canal.....	3
1.2.1 Principaux théorèmes de codage de Shannon	4
1.2.2 Problématique du codage conjoint source-canal	6
1.3 Prémices du codage conjoint source-canal	9
1.3.1 Protection inégale des données source	9
1.3.2 Equilibrage des débits	9
1.4 Approches du codage conjoint source-canal	10
1.4.1 Assignment d'indice	11
1.4.2 Quantification optimisée pour un canal bruité	12
1.4.3 Optimisation conjointe du quantificateur et de l'assignment d'indice.....	13
1.4.4 Optimisation conjointe du quantificateur, de l'assignment d'indice et de la modulation	14
1.5 Résumé	15
 Chapitre 2: Codage de Source : Quantification	 16
2.1 Codage de Source	17
2.1.1 Définitions	17
2.1.1.1 Codage de source sans perte	17
2.1.1.2 Codage de source avec perte	17
2.1.2 Principe de base du codage de source	18
2.2 Quantification scalaire	19
2.2.1 Principe de codage par quantification scalaire	20
2.2.2 Mesure de performance d'un quantificateur scalaire	20
2.2.3 Quantificateur scalaire optimal	21
2.3 Quantification Vectorielle	23
2.3.1 Principe de la quantification vectorielle	23
2.3.2 Quantificateur vectoriel optimal	25

2.3.2.1	Algorithme de Lloyd-Max généralisé	26
2.3.2.2	Performances du quantificateur vectoriel	27
2.4	Quantification vectorielle divisée	30
2.5	Quantification codée par treillis	32
2.5.1	Théorie débit-distorsion avec contrainte sur l'alphabet	33
2.5.2	Quantification scalaire codée par treillis	36
2.5.2.1	Conception d'un quantificateur codée par treillis	36
2.5.2.1.1	Sélection des treillis	36
2.5.2.1.2	Alphabet étendu	37
2.5.2.1.3	Partition d'ensemble	38
2.5.2.1.4	Etiquetage des branches du treillis	38
2.5.2.2	Principe de fonctionnement du codeur TCQ	39
2.5.2.3	Performances de la TCQ	44
2.5.2.4	Optimisation de la quantification codée par treillis	45
2.5.3	Quantification vectorielle codée par treillis	46
2.5.3.1	Performance de la TCVQ	48
2.5.3.2	Procédure d'optimisation de la TCVQ	50
2.6	Résumé	52
Chapitre 3	Codage de canal redondant	53
3.1	Principe de base du codage de canal	54
3.2	Pouvoir de détection/correction des erreurs	55
3.2.1	Opérations sur les codes	56
3.2.2	Représentations des codes	56
3.2.2.1	Poids d'un code	56
3.2.2.2	Représentation polynomiale	57
3.2.2.3	Représentation géométrique.....	57
3.2.3	Capacité de correction.....	57
3.3	Canal de transmission	59
3.3.1	Capacité du canal	59
3.3.2	Modèles de canaux	60
3.3.2.1	Canal binaire symétrique.....	60
3.3.2.2	Canal à bruit blanc gaussien additif	61
3.4	Classes de codes de canal.....	61
3.5	Codes en blocs.....	62
3.5.1	Codes en blocs linéaires	63
3.5.1.1	Procédure de codage des codes linéaires.....	63
3.5.1.2	Capacité de correction des codes en blocs linéaires	65
3.5.1.3	Procédure de décodage: détection/correction d'erreur.....	65

3.5.1.3.1	Décodage par le tableau standard	66
3.5.1.3.2	Décodage par syndrome	69
3.5.1.4	Codes de Hamming	70
3.5.2	Codes cycliques	72
3.5.2.1	Construction des codes cycliques	72
3.5.2.2	Procédure de codage des codes cycliques	74
3.5.2.3	Procédure de décodage des codes cycliques	77
3.5.2.4	Classes des codes cycliques.....	78
3.6	Codes convolutifs	82
3.6.1	Principe de base du codage convolutif	82
3.6.2	Représentation des codeurs convolutifs	85
3.6.2.1	Diagramme en arbre	85
3.6.2.2	Diagramme en treillis.....	87
3.6.2.3	Diagramme d'état.....	88
3.6.3	Décodage des codes convolutifs	89
3.6.3.1	Algorithme de Viterbi.....	89
3.6.3.2	Capacité de correction des codes convolutifs	93
3.7	Résumé	94
Chapitre 4 : Codage conjoint source-canal: quantification des sources sans mémoire		95
4.1	Codage conjoint par assignation d'indice.....	96
4.1.1	Principe de la méthode d'assignation d'indice	96
4.1.2	Critère d'erreur : formulations préliminaires	98
4.1.3	Assignation d'indice par permutation binaire	101
4.1.3.1	Principe de base	101
4.1.3.2	Formulation du critère d'erreur	102
4.1.3.3	Algorithme de permutation binaire	103
4.1.3.3.1	Etape d'initialisation	104
4.1.3.3.2	Etape de permutation et condition d'acceptation	106
4.1.3.3.3	Condition d'arrêt	106
4.1.3.4	Performance de l'IA par BSA	108
4.1.4	Assignation d'indice par recuit simulé	109
4.1.4.1	Optimisation combinatoire	110
4.1.4.2	Méthode du recuit simulé	110
4.1.4.2.1	Principe de simulation du recuit.....	110
4.1.4.2.2	Procédure de base du recuit simulé	111
4.1.4.3	Critère d'erreur approprié	112
4.1.4.4	Algorithme du recuit simulé	113
4.1.4.4.1	Etape d'initialisation.....	114
4.1.4.4.2	Procédure de Metropolis.....	115

4.1.4.4.3 Etape du recuit	115
4.1.4.4.4 Conditions d'arrêt	116
4.1.4.5 Simplification de l'algorithme du recuit simulé	116
4.1.4.6 Performance de l'IA par RS	117
4.2 Quantification vectorielle optimisée pour un canal bruité.....	120
4.2.1 Principe de conception d'un système à QVOC.....	120
4.2.2 Algorithme du système COVQ	122
4.2.3 Performances du système COVQ	124
4.2.3.1 Structure géométrique des dictionnaires COVQ	125
4.2.3.2 Performances du système COVQ.....	128
4.2.3.3 Evaluation comparative entre le COVQ et l'IA.....	129
4.3 Résumé.....	130
Chapitre 5 : Codage conjoint source-canal appliqué à la parole	132
5.1 Mesures de distorsion	133
5.1.1 Mesures objectives.....	133
5.1.2 Mesures subjectives.....	135
5.2 Prédiction linéaire.....	136
5.2.1 Estimation des coefficients LPC.....	137
5.2.1.1 Méthode d'autocorrélation.....	138
5.2.1.2 Méthode de covariance.....	140
5.2.2 Fréquences de raies spectrales.....	143
5.2.2.1 Calcul des paramètres LSF.....	144
5.2.2.2 Principales propriétés des paramètres LSF.....	146
5.3 Codage efficace des paramètres LSF: application de la technique OTCVQ.....	148
5.3.1 Conception du codeur LSF-OTCVQ	148
5.3.2 Performance du codeur LSF-OTCVQ.....	150
5.4 Codage efficace et robuste des paramètres LSF du standard fédéral FS1016.....	153
5.4.1 Robustesse du codeur LSF-OTCVQ: cas des transmissions par canal bruité..	156
5.4.1.1 Conception du LSF-OTCVQ avec CCSC par QVOC.....	157
5.4.1.1 Performance du système de codage LSF-COTCVQ	159
5.4.2 Codeur LSF-COTCVQ avec codage de canal redondant.....	163
5.5 Résumé.....	165
Annexe A : Théorie de l'information pour codage de source discrète	167
A.1 Source discrète sans mémoire	167
A.2 Entropie d'une source discrète sans mémoire.....	168
A.3 Information mutuelle.....	169

A.3.1 Information mutuelle moyenne.....	170
A.3.2 Entropies conjointe et conditionnelle	170
A.4 Codage sans perte d'une source discrète.....	171
A.5 Fonction distorsion-débit.....	172
Annexe B : Eléments de la théorie de conception des codeurs TCQ/TCVQ	174
B.1 Codage en treillis.....	174
B.1.1 Quantification.....	175
B.1.2 Codage/Décodage	175
B.2 Modulation Codée par Treillis	176
B.2.1 Structure générale et principe de la TCM	177
B.2.2 Codeurs convolutionnels de la TCM	178
B.2.3 Partition d'ensemble de la TCM	180
Annexe C : Standard Fédéral FS1016 de 4.8 kbits/s	182
Bibliographie	185

Avant-propos

Les communications numériques constituent sans aucun doute l'une des plus importantes révolutions de la science et de la technologie. Propulsées par la théorie de l'information, fondée par C. E. Shannon en 1948, le monde des télécommunications ne cesse de basculer vers le numérique. Les radio-mobiles, le multimédia et les communications "globales" font partie maintenant de notre langage quotidien. La société devient de plus en plus complexe et les besoins de communication et de stockage s'accroissent rapidement. Cette croissance pousse les ingénieurs et les chercheurs à la mise en œuvre de techniques de compression de l'information de plus en plus performantes. Par exemple, il suffit de jeter un coup d'œil sur la réduction du débit atteint de nos jours par les codeurs de parole dans les systèmes radio-mobiles où en moins d'une décennie, les débits des codeurs ont été divisés par dix.

Cette course à la compression a été développée, d'une certaine façon, sur des modèles théoriques qui ne suivent pas de près les contraintes réelles au moment de la mise en œuvre des systèmes de transmission. En particulier, les codeurs de source sont souvent conçus sous l'hypothèse de transmission sans erreurs ou à travers des canaux non bruités. Or les performances prévues par ces codeurs se dégradent rapidement lorsqu'il s'agit de transmettre l'information de source à travers un canal réel qui est généralement bruité. Ainsi, dans tous les cas pratiques, la transmission à distance de l'information véhiculée par des signaux de nature quelconque est altérée par des phénomènes parasites tels que les bruits et les interférences. Ces phénomènes se traduisent généralement par une perte d'information. La minimisation de la dégradation des performances, causée par les bruits des canaux, est l'un des problèmes importants de la théorie des communications.

Un des résultats fondamentaux de la théorie de l'information a permis de trouver une solution à ce problème en assurant l'existence de schémas de codage de canal capables d'éliminer les effets néfastes des bruits des canaux de transmission. Selon l'approche établie par Shannon, le problème de codage de source et de canal peut être traité de façon complètement séparée et sans aucune perte d'optimalité à condition d'utiliser des blocs de code de tailles très grandes. Cette approche, connue généralement par "théorème de séparation de Shannon", stipule que dans la mesure d'utiliser des blocs de longueurs croissantes, il n'y aurait aucune perte d'optimalité en mettant en cascade un codeur de source optimisé pour une source donnée et un codeur de canal optimisé pour un canal donné. Afin d'obtenir une transmission efficace et fiable, cette approche séparatrice consiste donc à concevoir un schéma de codage de source capable de réduire au minimum la redondance de la source pour en rajouter de façon contrôlée sous la forme de codage de canal. Ces codes de canal, qui sont conçus d'une manière indépendante du codeur de source, peuvent fournir une bonne protection aux données sensibles aux erreurs du canal. Ils améliorent ainsi les

performances de la transmission mais au prix de l'augmentation du débit de transmission et de la complexité du codage et/ou du décodage.

C'est ainsi que pendant plusieurs décennies, les concepteurs des codeurs de source et de canal ont travaillé indépendamment à la recherche de l'optimalité tantôt du côté de source comme du côté canal. La séparation des tâches suggérée par Shannon, a priori bénéfique puisqu'elle permet de décomposer un problème complexe en deux sous-problèmes plus simples, se transforme lentement en un grand problème lors de la mise en œuvre pratique. Ceci est dû principalement aux inconvénients des hypothèses posées dans le théorème de séparation de Shannon qui nécessitent des codeurs très complexes avec des blocs de traitement extrêmement longs, tant au niveau source que canal. En outre, les délais de traitement supposés illimités constituent un vrai problème pour les communications en temps réel. En effet, les considérations pratiques imposent souvent des contraintes sur la complexité, la disponibilité des ressources et les délais de codage. Si ces contraintes entrent en jeu, on se voit donc forcé de faire des concessions tantôt du côté source, tantôt du côté canal. En quelque sorte, l'optimalité (ou la quasi optimalité) devra être sacrifiée. Ainsi, des systèmes très performants pour coder une source, mais qui imposent un délai de traitement trop important ou une mise en œuvre trop complexe, sont difficilement acceptés voire même rejetés.

Puisque les hypothèses de la conception séparée de Shannon ne sont pas toujours vérifiées en pratique, les chercheurs se sont demandé ainsi s'il existe une solution conjointe au problème d'optimisation des codages de source et de canal de sorte qu'on puisse réduire la complexité des deux côtés, tout en fournissant des performances proches de l'optimum. C'est dans ce contexte qu'ils ont introduit le dit codage conjoint source-canal, dans le quel on se préoccupe de la minimisation de la distorsion totale en considérant simultanément l'impact des erreurs de transmission et de la distorsion du codage de source. La principale motivation qui a poussée les chercheurs à penser au codage conjoint est que, malgré son optimalité prouvée, le codage séparé n'est pas nécessairement la meilleure solution en termes de simplicité. Actuellement, le codage combiné pour la compression des données de source et la protection contre le bruit des canaux est devenu l'un des objectifs essentiels dans la conception des systèmes de transmissions; particulièrement ceux conçus à base de quantificateur.

Cet ouvrage traite particulièrement les domaines de codage de source, de codage de canal et de codage conjoint source-canal (CCSC). Son objectif principal est de présenter en détails le concept de base et les approches du CCSC destiné à la protection implicite des paramètres des systèmes de transmission numériques contre les erreurs de canal. Il s'agit d'éclaircir la problématique du CCSC par rapport à la théorie conventionnelle de la conception source/canal séparée et de montrer, du point de vue théorique et pratique, comment faire intégrer au processus de codage de source les effets du bruit de canal. Des résultats expérimentaux, qui seront présentés tout au long de cet ouvrage, montreront que la cascade traditionnelle d'un codeur de source et d'un codeur de canal peut être remplacée efficacement par un seul bloc codeur source-canal optimisé conjointement.

Dans le passé, plusieurs approches de conception du CCSC ont été développées pour des transmissions de données fiables à travers un canal bruité. Ces approches sont généralement

classées en plusieurs catégories dont les intersections sont possibles. Les techniques d'assignation d'indice et de quantification optimisée pour un canal bruité représentent les noyaux de base du CCSC et par conséquent un intérêt particulier a été porté à ces deux classes. L'assignation d'indice (IA) est une sorte de réallocation de bit plus appropriée pour une transmission robuste de séquences binaires source à travers un canal bruité. Dans ce livre, nous présentons deux méthodes de mise en œuvre de la technique d'IA. Il s'agit de la méthode de permutation binaire et de la méthode du recuit simulé. L'autre classe de base du CCSC est relative aux quantificateurs qui sont conçus en tenant compte de l'erreur du canal de transmission. Nous nous sommes intéressés particulièrement à la quantification vectorielle optimisée pour un canal bruité (QVOC). Cette méthode de codage, qui rend le codeur de source plus robuste, se base sur le principe d'optimisation de la quantification en prenant en considération les erreurs de transmission.

Dans un premier temps, les méthodes de CCSC conçues seront appliquées au codage efficace et robuste de sources sans mémoire. Par la suite, nous montrerons comment adapter et appliquer ces approches dans le domaine du codage de la parole à bas débit. En effet, à bas débit où les contraintes en complexité et en délais de traitement sont très sévères, le CCSC offre une alternative appréciable vu son efficacité prouvée dans la protection des données en maintenant un débit constant et une complexité réduite. On s'intéressera particulièrement au codage efficace et robuste des coefficients de prédiction linéaire (LPC) de parole en bande étroite représentés par les fréquences spectrales de raie LSF (Line Spectral Frequencies). En effet, les coefficients LPC jouent un rôle important dans la préservation de la qualité du signal de parole codé sur toute la largeur de bande. Par conséquent, le plus grand défi dans la quantification de ces coefficients est de réaliser un codage efficace avec un débit binaire minimal tout en maintenant la mémoire et la complexité des calculs à un niveau assez bas. Dans le dernier chapitre de cet ouvrage, nous présentons un système de codage optimal à quantification vectorielle codée par treillis développé pour le codage efficace et robuste des paramètres spectraux LSF de parole à bas débits.

Le contenu de ce livre provient de mes différents enseignements dispensés à la faculté d'électronique et d'informatique de l'université USTHB d'Alger. Il est basé aussi sur mes travaux de recherche réalisés au laboratoire de communication parlée et traitement du signal à la même université. Ce livre s'adresse aux chercheurs et ingénieurs travaillant dans le domaine des télécommunications. Il s'adresse aussi aux étudiants de second cycle des universités et écoles d'ingénieurs qui souhaiteraient se familiariser avec les techniques de codage de source et de canal séparé et/ou conjoint.

Ce livre est composé de cinq chapitres, complété par trois annexes.

Dans le chapitre 1, nous décrivons brièvement les fondements de base des systèmes de communication numériques. Nous exposons ensuite les principaux résultats théoriques de Shannon dans le domaine du codage de source et de canal. Après avoir identifié les inconvénients de la conception séparée de ces codages, nous introduisons l'idée de base du codage conjoint source-canal. Les approches de conception du codage conjoint seront ensuite présentées d'une manière sommaire.

Dans le chapitre 2, nous rappelons, tout d'abord, les outils de base fréquemment utilisés dans les systèmes de codage de source. Nous décrivons ensuite les méthodes de codage de source par quantification scalaire et vectorielle. Des algorithmes itératifs de conception seront développés pour réaliser des quantificateurs optimaux. Il s'agit de l'algorithme de Lloyd-Max pour la conception de quantificateurs scalaires optimaux ainsi que sa généralisation au cas vectoriel par l'algorithme LBG. Les étapes de conception de ces quantificateurs seront revues en détails et des résultats seront présentés dans le cas du codage de source sans mémoire. Par la suite, une description détaillée des étapes de conception des systèmes de codage à quantification scalaire/vectorielle codée par treillis (TCQ/TCVQ) sera donnée.

Le chapitre 3 est consacré au codage de canal redondant. Dans un premier temps, nous décrivons les concepts élémentaires du codage de canal. Nous présentons ensuite le modèle mathématique du canal de transmission où un intérêt particulier est porté au canal binaire discret sans mémoire. Par la suite, nous exposons les codes de canal qui sont classés en deux catégories: les codes en blocs et les codes convolutifs. Quelques codes en blocs populaires seront étudiés et implémentés. Il s'agit du code linéaire de Hamming et du code cyclique BCH. Nous terminerons ce chapitre par une présentation du codage convolutif.

Dans le chapitre 4, nous présentons des méthodes d'optimisation du CCSC appliquées au codage robuste de source sans mémoire. Nous exposons d'abord le principe du CCSC par la technique d'IA en donnant les formulations préliminaires de la distorsion des codages de source et de canal. Ces formulations de base seront utilisées dans les définitions des critères d'erreur qui doivent être minimisés dans les procédures de recherche des fonctions d'IA. Par la suite, nous décrivons en détails les méthodes de mise en œuvre de la technique d'IA que nous avons étudiées et implémentées : la permutation binaire et le recuit simulé. Des exemples de résultats de simulation montreront que les méthodes d'IA, appliquées au codage de sources sans mémoire, peuvent contribuer réellement à la protection implicite des systèmes à quantification vectorielle sans avoir recours au codage de canal redondant. La dernière partie de ce chapitre sera consacrée aux systèmes de codage par QVOC où nous exposons le principe de conception de ces systèmes ainsi que les formulations des conditions nécessaires d'optimalité dérivées pour un canal bruité. Les performances de la QVOC, appliquée au codage de sources sans mémoire, seront présentées en fin de paragraphe.

Dans le chapitre 5, nous montrons comment appliquer les méthodes du CCSC dans le domaine du codage de la parole à bas débit. L'étude sera consacrée particulièrement au codage efficace et robuste des coefficients LPC en bande étroite représentés par les paramètres de parole LSF. Au début, le système est développé pour réaliser un codage efficace des paramètres LSF dans le cas des transmissions à travers un canal idéal non-bruité. Il a été conçu à base du quantificateur vectoriel codé par treillis (OTCVQ) et appelé "codeur LSF-OTCVQ". Par la suite, nous appliquons le système LSF-OTCVQ (avec distance pondérée) pour coder les paramètres LSF d'un codeur de parole en bande étroite de la norme FS1016 (US Federal Standard FS1016) opérant à un débit de 4.8 Kbits/s. A des débits plus bas, les résultats des évaluations objective et subjective montreront que notre codeur incorporé peut assurer de meilleures performances comparé au quantificateur scalaire de 34 bits/trame, utilisé à l'origine dans la norme FS1016. Dans une étape ultérieure, nous nous sommes intéressés à l'amélioration de la robustesse de nos

codeurs LSF-OTCVQ pour des transmissions réelles à travers un canal bruité. Pour protéger implicitement les indices de transmission des codeurs LSF-OTCVQ, incorporés dans le FS1016, nous avons développé un système de CCSC mis en œuvre par la technique QVOC. Dans le cas des transmissions par un canal bruité, nous montrerons que notre nouveau système de codage, nommé "codeur LSF-COTCVQ", pourra contribuer significativement à l'amélioration des performances du FS1016 en assurant une bonne protection implicite à ses paramètres spectraux LSF.

L'annexe A présente brièvement quelques éléments de base de la théorie de l'information, qui ont un lien direct avec le codage de sources discrètes sans mémoire. Dans l'annexe B, les techniques de codage de source en treillis et de la modulation codée par treillis (TCM) sont rappelées brièvement. Enfin, l'annexe C est consacrée à la présentation succincte du codeur de parole normalisé FS1016 de débit de 4.8 kbits/s.

Abréviations

AR	Autorégressive
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASK	Amplitude Shift Keying (<i>Modulation numérique d'amplitude</i>)
AWGN	Additive White Gaussian Noise (<i>Bruit blanc gaussien additif</i>)
BCH	Bose-Chaudhuri-Hoquenghem (<i>Code cyclique BCH</i>)
BER	Bit Error Rate (<i>Taux d'erreur par bit</i>)
bpe	bits par échantillon
BSA	Binary Switching Algorithm (<i>Algorithme de permutation binaire</i>)
BSC	Binary Symmetric Channel (<i>Canal binaire symétrique</i>)
BSS	Binary Symmetric Source (<i>Source binaire symétrique</i>)
CCSC	Codage Conjoint Source-Canal
CELP	Code Excited Linear Prediction (<i>Prédiction linéaire excitée par code</i>)
CG(.)	Corps de GALOIS
COVQ	Channel Optimized Vector Quantizer (<i>Quantificateur COVQ</i>).
dB	Décibel
FFT	Fast Fourier Transform (<i>Transformée de Fourier rapide</i>)
FS1016	US Federal Standard 1016 (<i>Codeur de parole normalisé FS1016</i>)
FSK	Frequency Shift Keying (<i>Modulation numérique de fréquence</i>)
GSM	Global System for Mobile communications
IA	Index Assignment (<i>Assignment d'indice</i>)
IA-BSA	Assignment d'indice par Algorithme de permutation binaire BSA
IA-RS	Assignment d'indice par algorithme du recuit simulé RS
IHM	Inverse Harmonic Mean
ITU-T	International Telecommunications Union
Kbps	Kilo bits par seconde
LAR	Log Area Ratios (<i>Logarithme des rapports d'aires</i>)
LBG	Linde, Buzo et Gray (<i>Algorithme LBG de la QV</i>)
LP	Linear prediction (<i>Prédiction linéaire</i>)
LPC	Linear predictive coding (<i>Codage par prédiction linéaire</i>)

LSB	Least Significant Bit (<i>Bit de poids le plus faible</i>)
LSF	Line spectral Frequencies (<i>Fréquences de raies spectrales</i>)
LSF-OTCVQ	Codeur OTCVQ pour paramètres LSF
LSP	Line Spectrum Pairs (<i>Paires de raies spectrales</i>)
MOS	Mean Opinion Score (<i>score moyen d'opinion</i>)
MSE	Mean Square Error (<i>Erreur quadratique moyenne</i>)
Nbessai	Nombre d'essais pour le choix initial de l'IA-RS par amélioration itérative
OTCQ	Optimized Trellis Coded Quantization (<i>TCQ optimisée</i>)
OTCVQ	Optimized Trellis Coded Vector Quantization (<i>TCVQ optimisée</i>)
Pdf	Probability density function (<i>Fonction densité de probabilité</i>)
PPMC	Plus Petit Multiple Commun
PSK	Phase Shift Keying (<i>Modulation numérique de phase</i>)
QS	Quantification Scalaire
QSOC	Quantification Scalaire Optimisée pour Canal bruité
QV	Quantification Vectorielle
QVOC	Quantification Vectorielle Optimisée pour Canal bruité
RS	Recuit Simulé
RSB	Rapport Signal sur Bruit
RSBseg	Rapport Signal sur Bruit segmental
Seuil (a)	Nombre Maximum de baisse d'énergie à température constante
Seuil (b)	Maximum de perturbations sans succès à température constante
Seuil (c)	Maximum de perturbations consécutives sans succès
SD	Spectral Distorsion (<i>Distorsion spectrale</i>)
SQ	Scalar Quantizer (<i>Quantificateur scalaire</i>)
TCM	Trellis Coded Modulation (<i>Modulation codée par treillis</i>)
TCQ	Trellis Coded Quantization (<i>Quantification scalaire codée par treillis</i>)
TCVQ	Trellis Coded Vector Quantization (<i>QV codée par treillis</i>)
TIMIT	DARPA TIMIT Acoustic-Phonetic Speech Database
UEP	Unequal Error Protection (<i>Protection d'erreur inégale</i>)
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VQ	Vector Quantizer (<i>Quantificateur vectoriel</i>)
VQs	Vector Quantizers (<i>Quantificateurs vectoriels</i>)
XOR	OU Exclusif

Notation

A_s	Alphabet de la source
a_i	Coefficients de prédiction linéaire (LPC)
$b(.)$	Vecteur (ou fonction) assignation d'indice
$b^{-1}(.)$	Vecteur (ou fonction) assignation d'indice inverse
D	Distorsion
D_c	Distorsion due au canal
D_s	Distorsion du codage de source
$D(R)$	Fonction Distorsion-Débit
$D_c(R)$	Fonction distorsion-débit avec contrainte sur la taille de l'alphabet.
$d(.,.)$	Mesure de distance
$d_H(.,.)$	Distance de Hamming
$E(z)$	Signal d'erreur de prédiction (signal d'excitation)
e	Erreur
e_P^p	Erreur de prédiction progressive
e_P^r	Erreur de prédiction rétrograde
$f_X(x)$	Fonction densité de probabilité de x .
f_e	Fréquence d'échantillonnage
k	Dimension des données
L	Taille du dictionnaire (ou de l'alphabet pour QS)
$P(./.)$	Probabilité conditionnelle
$p(y_i)$	Probabilité d'occurrence d'un représentant y_i
P_e	Probabilité d'erreur
Q	Fonction de quantification
Q_b	Quantificateur pour un canal bruité
R	Débit
R_s	Débit de codage de source
R_c	Débit de codage de canal
$R(D)$	Fonction Débit-Distorsion
$\mathcal{R}$	Ensemble des valeurs réelles
$\mathcal{R}^k$	Ensemble des valeurs réelles de dimension k

$\tilde{R}$	Facteur d'expansion de l'alphabet TCQ/TCVQ
T_i	Paramètre température initiale
T_c	Paramètre température de congélation.
w_i	Poids variable assigné au $i^{\text{ème}}$ coefficient d'un vecteur LSF
Y	Dictionnaire pour QV (Alphabet pour QS)
$\langle x, y \rangle$	Produit scalaire de x et y
ΔD	Variation de la distorsion
$\{0,1\}^n$	Ensemble des 2^n indices de n bits
ξ_i	Ensemble des n voisins de i
η	Variable aléatoire dont les valeurs $\in \{0,1\}^n$
$\ R_i\ $	Cardinal de la classe R_i
σ_x^2	Variance de la source x
$\oplus$	Addition binaire modulo 2 (sans retenue)
$\cup$	Union
$\forall$	Quelque soit
$\in$	Appartient

Chapitre 1

Principe de base et approches du codage conjoint source-canal

Le codage de source (compression) est sensé réduire la redondance d'un signal, afin de diminuer la quantité de donnée à transmettre. D'autre part, le codage de canal rajoute de la redondance au signal pour le rendre plus robuste vis-à-vis des erreurs de transmission. Ces deux domaines sont, depuis des décennies, bien distincts : deux communautés différentes, avec chacune ses propres méthodes, problématiques, conférences et revues. Ainsi, les codeurs de source sont conçus pour un canal idéal (non bruité), alors que les codeurs de canal sont conçus pour réduire au minimum la probabilité moyenne de l'erreur de décodage indépendamment de la source réelle. Afin d'obtenir une transmission fiable de données, les codeurs et les décodeurs résultants sont cascades comme suggéré par le principe de séparation de Shannon dans sa théorie de l'information. Cependant, avec les contraintes de stockage et de délais de traitement, une conception indépendante du codeur de source et du codeur de canal n'est pas forcément optimale

A cet effet, on peut se demander si en faisant les deux actions conjointement, on pourrait en tirer profits. La principale motivation qui a poussée les chercheurs à penser au codage conjoint est que, malgré son optimalité prouvée, le codage séparé n'est pas nécessairement la meilleure solution en termes de simplicité.

Dans ce chapitre, nous décrivons d'abord le principe de base des systèmes de transmission en présentant le modèle classique d'un système de communication numérique. Nous exposerons ensuite les principaux résultats théoriques de Shannon dans le domaine du codage. Après avoir identifié les inconvénients de la conception séparée des codages de source et de canal (c.-à-d., théorème de séparation de Shannon), nous introduirons l'idée de base du codage conjoint source-canal. Les approches de conception du codage source-canal conjoint, qui sont généralement classées en plusieurs catégories, seront présentées d'une manière sommaire.