

SIMULATIONS DE TECHNIQUES DE PROTECTION DE PAROLE COMPRIMÉE EN TRANSMISSIONS BRUITÉES

M.C. GENNERO, A. POLI

AAECC/IRIT Université P. SABATIER
(118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France)

RÉSUMÉ

Nous proposons des résultats expérimentaux, montrant les améliorations successives obtenues pour protéger des transmissions de parole, discrétisées et comprimées, contre les erreurs.

La parole, échantillonnée à 15Mhz est codée par une transformée cosinus, puis quantifiée et transmise. Il apparaît que les techniques de compression doivent être modulées par la nécessité d'une protection contre les erreurs de transmission, particulièrement lorsque le taux d'erreurs du canal est très élevé (radio-mobilité [10], transmissions sous marines).

Nous étudions essentiellement deux techniques de protection : des codages binaires à la sortie du "quantifieur", et codes correcteurs à protection inégale.

Nous donnons les courbes expérimentales des diverses techniques.

1 Introduction

La nécessité de transmettre de grands flots d'information conduit à des études de plus en plus pointues de la protection de données comprimées. Dans le cas qui nous intéresse ici, il s'agit de protection contre les erreurs de transmission, appliquée à des transmissions de parole comprimées. Dans notre étude la parole est échantillonnée à 15Mhz, codée par une transformée discrète cosinus (DTC), dont les coefficients sont quantifiés puis transmis.

Le rôle essentiel du premier coefficient de la transformée (le fondamental) entraîne la nécessité de le protéger fortement. Contrairement au problème d'optimiser la reconstitution du signal en l'absence d'erreurs de transmission, le cas des transmissions bruitées impose de ne pas quantifier le fondamental par des mots binaires trop longs [3]. En effet, si p est la probabilité d'erreurs du canal par symbole binaire et $q = 1 - p$, alors la probabilité qu'un mot binaire de longueur n soit erroné (égale à $1 - q^n$) est inférieure à celle d'un mot de longueur $n + 1$ (égale à $1 - q^{n+1}$).

Nous proposons deux techniques pour la protection du fondamental :

- Différents codages binaires (codes de KAUTZ, codes de PREPARATA, code de HAMMING, bit de parité).
- Codes correcteurs d'erreurs, à protection inégale.

ABSTRACT

We propose experimental results showing the successive improvements in transmission of compressed digitized speech, with transmission errors. 15Mhz digitized speech is coded, quantized, and sent.

It is clear that compression techniques should be modulated by the constraint of error protection, more specially when the error rate is high (mobile radio [10], underwater transmissions).

We essentially study two techniques of protection : several binary affectations for the quantizer, and unequal protected error correcting codes.

As results we give experimental curves showing the efficiency of these techniques.

La deuxième technique que nous proposons consiste à utiliser la concaténation de codes. Les codes choisis introduisent environ 35% de redondance, ce qui est meilleur que les codes classiquement utilisés [10].

Dans le cas d'images comprimées, MODESTINO et al. [7] en 1981 ont étudié et modélisé les performances d'un système, avec des codes ayant un taux de redondance élevé (supérieur à 50%) sur seulement une partie des coefficients. C'est également le cas pour la parole transmise dans des canaux à bursts [10]. Dans ces deux études ils utilisent un codage binaire naturel en sortie du "quantificateur".

Nous fournissons des courbes expérimentales comparant les performances de ces différentes techniques. Elles donnent la valeur de l'erreur quadratique moyenne (*rms*), soit en fonction du taux d'erreur du canal, soit en fonction du taux de compression (entre 1 et 1,5 bits par échantillon). Nous présentons enfin des signaux de parole reconstituée, après traitement par les diverses techniques proposées.

Le plan du papier est le suivant :

- Choix des paramètres
- Choix des quantifieurs
- Codages du fondamental
- Protection inégale
- Résultats expérimentaux



2 Choix des paramètres

2.1 Critères de performances

La valeur de l'erreur quadratique moyenne est donnée par :

$$rms = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \right]}{\sqrt{n}}$$

où n est le nombre d'échantillons comparés, x_i (resp y_i) la valeur de l'échantillon original (resp reconstitué).

2.2 Nombre de points de la transformée

La figure 1 montre les valeurs du rms obtenu avec une transformée cosinus (DTC) avec 16 points ou avec 64 points, en fonction du nombre de coefficients conservés. On voit que l'amélioration des performances n'est sensible qu'avec moins de 50% des coefficients conservés. Cette amélioration n'est que de 8% avec 24 coefficients sur 64 (contre 6 sur 16). Par contre le temps de calcul est multiplié par 4. Nous avons donc choisi d'effectuer nos simulations avec une DTC à 16 points, en ne transmettant que les 6 premiers coefficients.

3 Choix des quantificateurs

Nous avons choisi deux types de quantificateurs : l'un pour le fondamental, l'autre pour les suivants.

Pour le fondamental, le découpage est effectué de la façon suivante : de part et d'autre de la moyenne de la distribution des coefficients (notée μ), on affecte 50% des zones sur 70% de la dynamique, et les 50% restant sur le reste de la dynamique. C'est ce que montre la figure 2a. Pour les autres coefficients le quantificateur est à surface constante (cf. figure 2b).

4 Codages du fondamental

Dans ce paragraphe nous décrivons brièvement les techniques utilisées en vue de protéger le fondamental.

a) Codage binaire naturel (BN)

Les 2^s zones de quantification sont numérotées de 0 à $2^s - 1$, avec s symboles binaires.

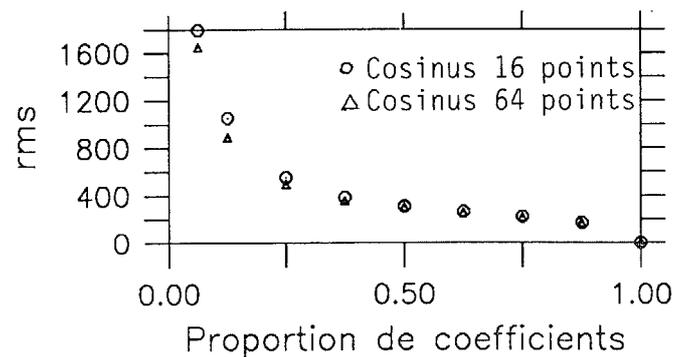
b) BN avec bit de parité

On rajoute 1 symbole binaire aux s symboles du codage BN. On obtient alors $n = s + 1$ symboles binaires.

c) BN avec code de HAMMING

Les s symboles du codage BN sont protégés par un code de HAMMING (éventuellement tronqué), permettant la correction d'une erreur. Dans certaines configurations on peut détecter la présence de plusieurs erreurs.

Figure 1



Avec ce codage le nombre de symboles binaires est $n = s + r$, où r est le plus petit entier tel que s soit inférieur ou égal à $2^r - r - 1$.

d) Codes de KAUTZ

Le codage consiste à étiqueter les $2s$ zones de quantification avec des nombres binaires (aussi courts que possible) tels que deux zones adjacentes aient des codes distants d'exactly 1 l'un de l'autre. De plus deux zones non adjacentes doivent avoir des codes distants d'au moins 2 l'un de l'autre. Les codes de KAUTZ sont dits à distance 1.

Exemple : code de KAUTZ pour coder 64 zones.

128	192	224	96	112	48	176	184	152
24	88	92	220	252	236	108	44	12
140	140	142	206	78	70	102	230	166
182	54	22	18	146	210	211	83	67
3	131	135	5	69	77	205	201	137
9	41	43	171	170	234	106	122	123
251	255	247	119	117	53	181	189	157
29								

e) Codes de PREPARATA

Les codes à distance $d \geq 2$ ont été obtenus par PREPARATA [9]. Nous avons construit des codes de distance 2 pour 64 et 256 zones qui sont, à notre connaissance les meilleurs connus.

On ne connaît pas de formule de dénombrement dans le cas général.

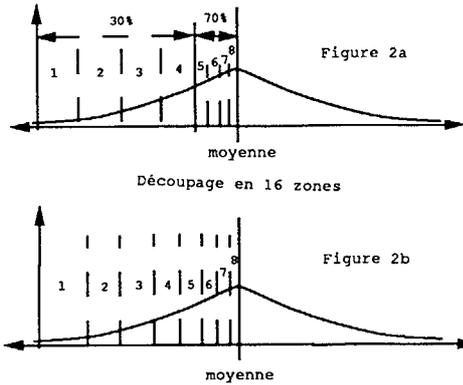
Exemple : code de PREPARATA pour coder 64 zones

325	69	85	213	725	733	729	731	730
722	658	662	694	692	676	677	685	681
937	939	955	959	447	511	383	375	374
358	870	878	622	750	238	206	204	460
476	412	408	280	281	313	305	817	881
625	609	611	739	227	195	451	387	391
903	775	519	527	15	31	30	62	60
124								

Pour nos simulations le taux de compression est donné par :

$$\delta = \frac{N + \Delta}{16} \quad \text{pour une TC à 16 points}$$

où Δ est le nombre total de symboles binaires nécessaires au codage des coefficients autres que le fondamental.



5 Codes a protection inégale

Ces codes correcteurs, étudiés depuis 1981 [1] [4], permettent une protection inégale de l'information qu'ils protègent. On utilise le principe de la concaténation de codes : le code externe est un BCH et le code interne un HAMMING. Ce dernier est décodé en décision douce (soft decision).

L'inégalité de la protection repose sur l'utilisation de sous codes du code externe. Pour nos simulations nous utilisons un BCH(31,26) qui admet comme sous codes le BCH(31,21) et le BCH(31,16). Le codage que nous utilisons, basé sur [4], est non systématique pour le code externe et systématique pour le code interne.

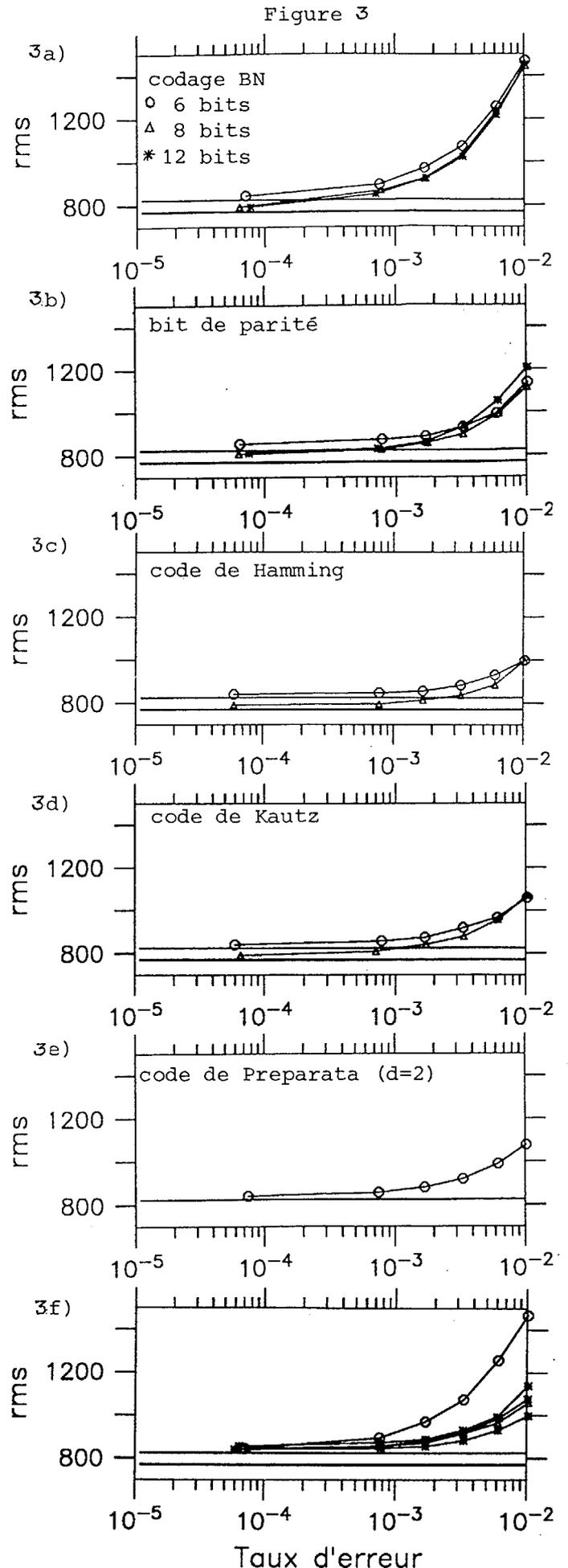
6 Résultats de simulations

Sur les figures 3 (*rms* en fonction du taux d'erreur du canal) et 4 (*rms* en fonction du taux de compression) nous montrons les performances des différentes techniques du codage du fondamental, obtenus par simulations.

La figure 3f permet de comparer les différentes techniques. On remarque que l'influence du codage est importante lorsque le taux d'erreur varie entre 10^{-3} et 10^{-2} . On constate également que le codage binaire naturel (BN) est largement suffisant pour des faibles taux d'erreur (disons inférieurs à 5×10^{-4}). On remarque enfin que le meilleur codage est celui de HAMMING (avec détection) pour le critère choisi (erreur quadratique moyenne).

La figure 4 montre les valeurs du *rms* en fonction du nombre de symboles binaires par échantillon, pour deux taux d'erreur : 10^{-2} (figure 4a) et $1,7 \times 10^{-3}$ (figure 4b). On remarque :

- Le code de HAMMING procure un meilleur *rms* dans les deux cas, mais il admet le plus faible taux de compression.
- A 10^{-2} il vaut mieux (meilleur taux de compression et meilleur *rms*) utiliser 64 zones avec un code de GRAY que 256 zones avec un bit de parité.
- A 7×10^{-3} on voit que l'utilisation du bit de parité est suffisante, puisque le *rms* est pratiquement constant quand le taux de compression diminue.



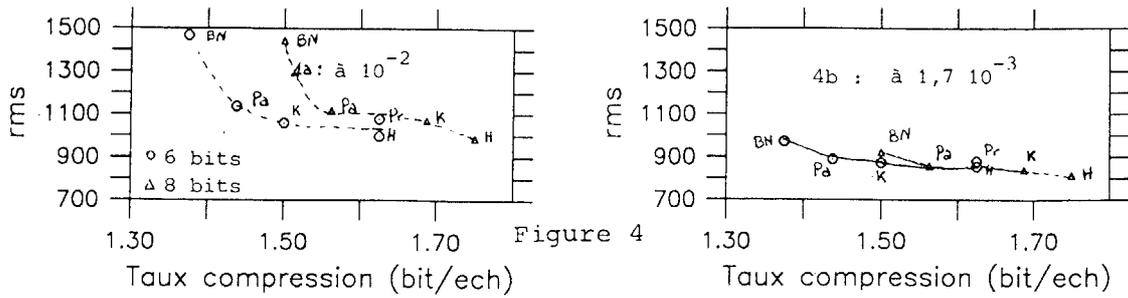


Figure 5

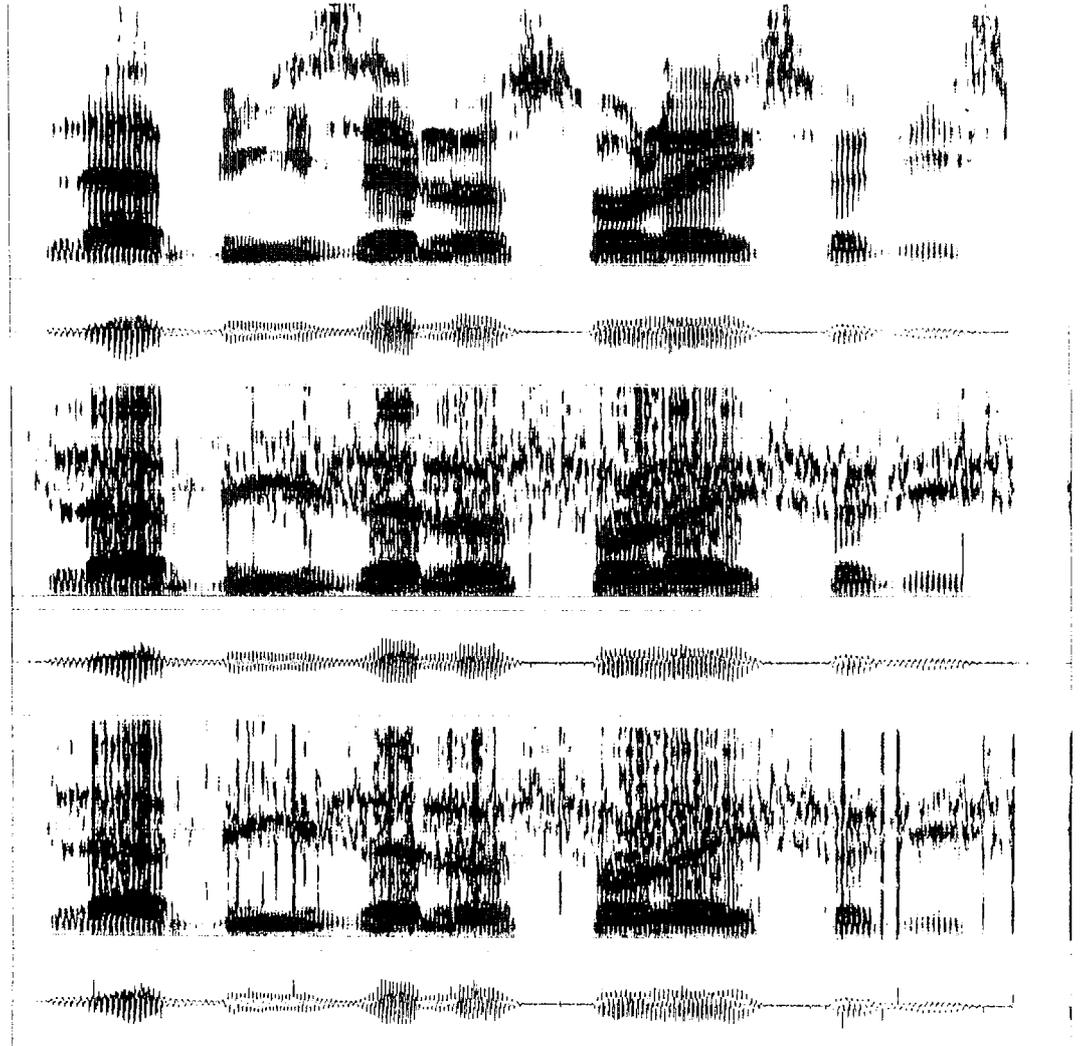
Original

spectre

amplitude

Avec code de Gray

Avec code de Hamming



Références

- [1] BOYARINOV I.M., KATSMAN G.L.
"Linear unequal error protection codes" IEEE Trans. on Information Theory, IT-27, N[2], pp168-175, 1981
- [2] CAPELLINI V.
"Data compression and error control techniques with applications" Academic Press, New York, 1985
- [3] GENNERO M.C.
"Contribution à l'étude théorique et appliquée des codes correcteurs d'erreurs" Thèse de Docteur Ingénieur, Université P. Sabatier, Toulouse, 1990
- [4] HIRASAWA S., KASAHARA M.
"Coding and decoding schemes with unequal symbol reliability". Transactions of IEICE Vol E73, (7), pp1176-1180, 1990
- [5] KAUTZ W.H.
"Unit-distance error checking codes" IRE Transactions on Electron. Comput (correspondence) Vol EC-7, pp179-180, 1958
- [6] MAZOR B., PEARLMAN W.A.
"An optimal transform treillis code with applications to speech" IEEE Trans. on Communications, COM-33, (10), pp1109-1116, 1985
- [7] MODESTINO J.W., DAUT D.G., VICKERS A.L.
"Combined source channel coding of images using the block cosine transform". Transactions on communications COM-29, (9), pp1261-1273, 1981
- [8] POLI A., HUGUET L.
"Codes correcteurs : Theorie et applications" Editions MASSON, Paris, 1989
- [9] PREPARATA F., NIEVERGELT J.
"Difference-preserving codes" IEEE Transactions on Information Theory, IT-20, (5), pp643-649, 1974
- [10] SUDA H., MIKI T.
"An error protected 16 Kbits/s voice transmission for land mobile radio-channels" IEEE Journal on selected areas in comm, Vol 6, (2), pp346-352, 1988