

# Description multiple et codage source-canal sur un canal à effacement avec la Transformation Mojette

N. Normand, B. Parrein

SEI-IVC, EP-2018 CNRS, IRESTE,

Rue Christian Pauc, BP 60601, Nantes F44306, cedex 3

{ nnormand, bparrein } @ireste.fr

**Résumé :** Les télécommunications modernes s'appuient de plus en plus sur des échanges en temps réel et un transport indifférencié de l'information sous forme de paquets. Ce constat impose une adaptation de l'application aux protocoles réseaux par une protection appropriée à chaque flux et une banalisation des flux à transmettre.

**Abstract :** Modern telecommunications are based on real time and on a undifferentiated transfer of information shape on packets. This fact impose an adaptation of application for the network's protocol by a appropriate protection at each stream and a standardization of streams to transmit.

## 1. Introduction

Les télécommunications modernes s'appuient de plus en plus sur des échanges en temps réel et un transport indifférencié de l'information sous forme de paquets. C'est dans ce cadre que nous parlons de canal à effacement sans voie de retour car les contraintes temporelles entre les acteurs ou les contraintes de diffusion de l'information interdisent les mécanismes de reprise sur pertes de paquets ou sur paquets non corrigibles (e. g. protocole TCP). Une autre caractéristique de beaucoup d'applicatifs est la forte dissymétrie des voies aller et retour. Pour pallier ces défauts, on a vu émerger depuis cinq ans deux approches très différentes :

- Approche source-canal : c'est la prise en compte de la hiérarchisation de l'information jusqu'au niveau du codage canal.
- Approche description multiple : l'information transmise n'est pas hiérarchisée : tous les flux (ici les paquets) ont la même priorité et on suppose ici qu'ils ont la même probabilité d'être perdus.

## 2. Transmission sur un canal à effacement

### 2.1 Définition de deux catégories d'informations

Pour la suite, nous définissons deux catégories d'information par leur capacité d'utilisation lorsqu'une partie est erronée ou absente. La première catégorie concerne les informations numériques à caractère quantitatif qui supportent une dégradation douce de la précision de représentation. C'est par exemple le cas avec un pas de quantification variable ou toute information non totalement décorrélée et donc partiellement

reconstructible [4]. La seconde catégorie concerne des méta-informations entièrement décorrélées comme l'information structurelle qui perd toute signification si elle n'est pas entièrement préservée. Pour chacune de ces catégories, l'information sera divisée en paquets transmis indépendamment sur le canal.

L'objectif de reconstruction est donc différent selon la catégorie de l'information. Dans le premier cas de figure, des reconstructions partielles (scalabilité) peuvent apporter un résultat en cas de perte de paquet. Philippe [4] a montré comment résoudre ce problème grâce à la transformation Mojette dans le cas image. L'indice de qualité de l'information reçue s'exprime de façon graduelle en fonction du nombre de paquets reçus. Dans le second cas, un certain taux d'information transmise est nécessaire pour la bonne reconstruction, seule valide (critère binaire pour l'indice de qualité de l'information reçue). Au total, un flux d'information applicatif se subdivise en sous-flux appartenant à l'une des deux catégories.

### 2.2 Codage conjoint source-canal

Cette première approche consiste à réunir les deux fonctionnalités de compression et de protection de données dans un même bloc afin de réduire la complexité totale comparée au système séparé de Shannon [3].

Pour de l'information paquets, cela conduit à une protection différenciée des différents sous-flux applicatifs. Ces méthodes de protection hiérarchique (Unequal Error Protection) [1] visent à adapter la scalabilité de la source aux contraintes du canal. La mise en place réseau permet d'exploiter les niveaux différents de qualité de service (QoS) qu'offrent par exemple les protocoles ATM et IPv6.

### 2.3 Description multiple

Le principe du codage à description multiple est de permettre la reconstruction d'une version dégradée de l'information source lorsque des pertes de transmission surviennent. Pour ce faire, l'information initiale est

partagée en descriptions partielles envoyées sur des canaux distincts. Si les canaux ont des propriétés similaires, les descriptions partielles doivent être équivalentes en termes de distorsions de l'information reconstruite.

Si l'on dispose de deux canaux pour transmettre l'information que contient une source, deux solutions sont envisageables. D'une part, on peut envoyer la même information sur les deux canaux. Mais dans le cas favorable où aucune perte n'est constatée, la moitié de l'information reçue n'a aucune utilité. Le coût de protection semble alors élevé pour des canaux à bande passante limitée comme l'Internet. L'autre solution consiste à envoyer une information différente sur les deux canaux à des débits  $R_1$  et  $R_2$  bpps (bits par symbole source). L'information est alors partagée de manière à obtenir une qualité minimum en cas de perte d'un canal (distorsions  $D_1$  ou  $D_2$ ). La réception des deux canaux affine le décodage pour parvenir à une qualité optimale de reconstruction (distorsion  $D_0$ ). Cette deuxième approche renonce à la transmission de données hiérarchisées aux profits de données banalisées (les descriptions partielles sont équivalentes).

Voyons maintenant comment nous pouvons proposer une mise en œuvre de ces deux approches basée sur la transformation Mojette dont nous rappelons le principe infra.

### 3. Codage source-canal et description multiple Mojette

La transformation Mojette est une transformation de Radon discrète exacte qui permet la représentation d'une image  $(f[k, l])$  par une série finie de projections dont les éléments sont dénommés bins (cf. fig. 1). L'angle de projection  $\theta$  se définit par un couple d'entiers  $(p, q)$  premiers entre eux avec  $\tan \theta = q/p$ . Chaque bin  $b$  est la somme des pixels sur la droite :

$$b = -qk + pl.$$

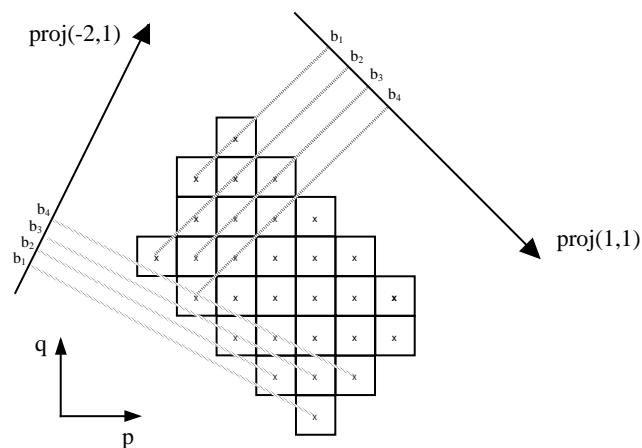


FIG. 1 : Transformation Mojette d'une image convexe

La reconstruction est basée sur la rétroprojection des bins en correspondance univoque avec un pixel. La contribution du pixel reconstruit est supprimée de toutes les projections faisant apparaître de nouvelles correspondances univoques. Il a été établi qu'une image convexe est

reconstructible si et seulement si la série d'érosions de son support avec les éléments structurants à deux pixels (ÉS2P) associés aux vecteurs de projection se réduit à l'ensemble vide [6].

### 3.1 Projections et forme du support

Pour cette application nous avons choisis de ne faire varier que la géométrie du support en conservant les mêmes directions de projection et une taille de paquet fixe. En effet de la forme du support résulte une répartition différenciée de la protection pour des angles de projections constants. On appelle niveau de protection d'un élément d'information, le nombre de projections nécessaires à sa reconstruction. Pour assurer une protection de niveau 1, il faut que chaque pixel ait une correspondance univoque avec un bin de chaque projection. En termes de morphologie mathématique, la zone de protection de niveau 1 disparaît par ouverture avec chaque élément structurant à 2 pixels associés aux projections. De la même façon, une zone de niveau  $i$  disparaît par ouverture morphologique avec une combinaison de  $i$  éléments structurants à deux pixels prise parmi l'ensemble fixe des projections. La figure 2 présente un support (fig. 2.c) reconstructible par au moins deux projections (fig. 2.a) parmi quatre. Sa largeur est effectivement inférieure à la somme des vecteurs de projections pris deux à deux (fig. 2.b). Dans la suite, nous présenterons des supports qui combinent des niveaux de protections différents.

Le support et les projections sont choisis de manière à obtenir des projections de même taille. Puisque chaque projection est transportée dans un datagramme, cela permet de supposer que les conditions de traversée du réseau sont a priori identiques pour toutes les projections.

Pour la suite, on fait l'hypothèse que les bins extrêmes des projections sont tous issus des deux points du support  $M_0(k_0, l_0)$  et  $M_1(k_1, l_1)$ . Dans ce cas, le nombre de bins sur la projection  $(p, q)$  est égal à :

$$\#bins = |b_1 - b_0| + 1 = |-q(k_1 - k_0) + p(l_1 - l_0)| + 1$$

En prenant  $L = k_1 - k_0 = -(l_1 - l_0) > 0$  (l'axe principal du support est la deuxième bissectrice du plan), on déduit que deux projections ont même longueur si :

$$|p_1 + q_1| = |p_2 + q_2|$$

Il faut donc trouver une suite de couples  $(p, q)$  premiers entre eux et de somme constante. La suite ci-dessous, par exemple, possède ces propriétés :

$$(12, 1), (11, 2), (10, 3), (9, 4), (8, 5), (7, 6), (6, 7), \dots$$

Dans le cas présent, nous avons retenu les quatre directions  $(8, 5)$ ,  $(7, 6)$ ,  $(6, 7)$  et  $(5, 8)$  i.e. les plus proches de la normale à l'axe du support. Pour respecter l'hypothèse de départ, le support doit donc être choisi de sorte qu'aucun pixel ne soit projeté en dehors de cet intervalle. Le support doit donc être inscrit dans le losange défini par  $M_0$ ,  $M_1$  et les directions extrêmes  $(8, 5)$  et  $(5, 8)$ . Les projections et le support de la figure 2 sont tels que chaque projection est définie sur un intervalle borné par les bins issus de  $M_0$  et  $M_1$ .

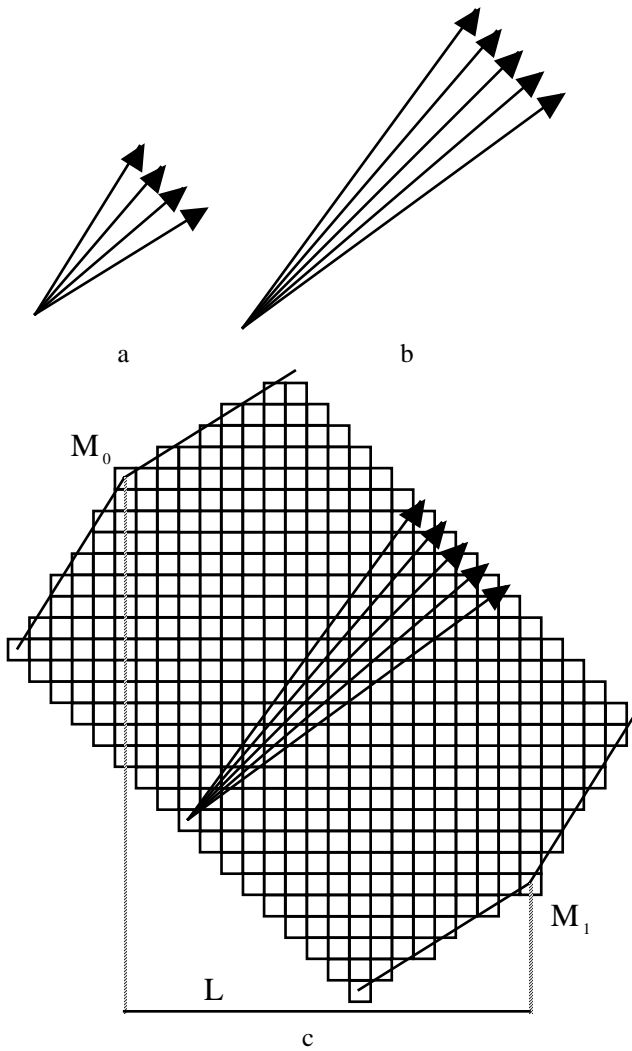


FIG. 2 : a. Vecteurs de projection (5, 8), (6, 7), (7, 6) et (8, 5) b. Sommes des vecteurs deux à deux c. Support reconstructible par deux projections quelconques

### 3.2 Choix du support et allocation des pixels

La forme retenue au § 3.1 peut être étendue à un support à plusieurs étages pour des tailles de projections constantes. À chaque étage sera alloué un flux de protection donnée. La figure 3 présente quatre supports avec des répartitions de protection différentes. Le support de la figure 3.a peut multiplexer un flux comme au § 3.1 mais celui-ci est reconstructible par trois projections. Sur la figure 3.b, deux flux hiérarchisés peuvent être reconstruits respectivement par une et deux projections alors qu'ils sont reconstructibles par trois et quatre projections sur la figure 3.c. Enfin sur la figure 3.d, trois flux sont reconstructibles par une, deux et trois projections.

À partir des données fournies par l'application à travers les différents flux hiérarchisés, notre codeur détermine dynamiquement le support dont la répartition est la plus adaptée. Le multiplexage des flux réside dans l'allocation des pixels sur le support choisi à une position de protection égale au niveau demandé par l'application. La position d'allocation est indispensable à la conservation de la hiérarchie de la source.

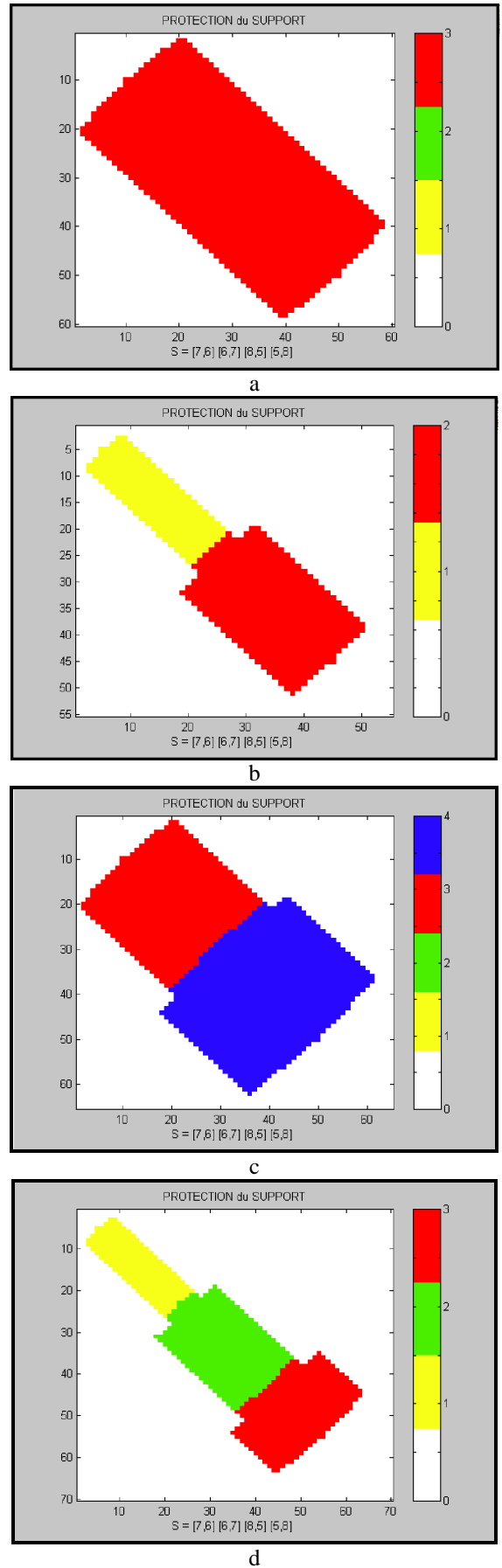


FIG. 3 : Supports reconstructibles par la série (7, 6), (6, 7), (8, 5) et (5, 8)

### 3.3 Codage source-canal et description multiple Mojette

Le multiplexage des flux sur les supports à étages du § 3.2 protège de façon idoine chaque donnée de la source. La transformation Mojette forme les descriptions partielles par un entrelaçage de données hiérarchisées. Ces deux traitements qui sont effectués sur les flux hiérarchisés de l'application tendent donc à réunir les deux approches de codage conjoint source-canal et de description multiple pourtant très différente. En effet, la hiérarchisation de l'information initiale est conservée bien que le canal ne transmet que des descriptions équivalentes. En rendant transparente la hiérarchisation de la source, notre codeur (Fig. 4) permet à l'application de s'adapter à un canal à effacement qui ne fait aucune distinction dans les deux catégories d'informations définies au § 2.1.

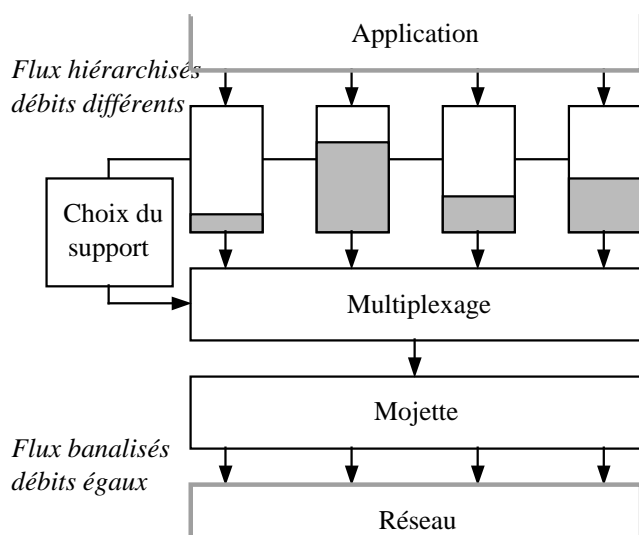


FIG. 4 : Schéma de principe du codeur

### Références

[1] S.B.Z Azami, P. Duhamel, O. Rioul, « Joint Source-Channel Coding : Panorama of Methods », CNES Workshop, 96.

[2] V.K Goyal, J. Kovacevic, R. Arean, M. Vetterli, « Multiple description transform coding of images », ICIP, p.674-678, janvier 1998.

[3] C.E. Shannon, « A Mathematical Theory of Communication », Bell System Technical Journal 27 (1948), no. 3-4, 379-423 et 623-656.

[4] O.Phillippé, JP Guédon, D. Barba « Transformation Mojette pour la scalabilité de la qualité de service », GretsI 97, Grenoble, Tome 1, p.295-298. Septembre 97

[5] O.Phillippé, *Représentation d'images pour le codage conjoint source-canal sur le réseau à qualité de service*, thèse de doctorat, IRESTE, Nantes. Novembre 1998.

[6] N.Normand, JP Guédon « La transformée Mojette : une représentation redondante pour l'image ». Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Section informatique théorique, pp. 123-126. Janvier 1998.