

Approches théoriques en codage vidéo robuste multi-terminal

Olivier Crave

IRISA/TELECOM ParisTech

15 décembre 2008

Directrices de thèse : Christine Guillemot
Béatrice Pesquet-Popescu



- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples

- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire

- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente

- 4 Codage vidéo distribué robuste

- 5 Conclusion et perspectives

- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples
- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire
- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente
- 4 Codage vidéo distribué robuste
- 5 Conclusion et perspectives

Communication robuste sur des réseaux bruités tels que :

- Internet
- Réseaux pair-à-pair
- Réseaux *ad hoc*
- Réseaux de capteurs
- ...

Protocoles UDP et RTP pour une transmission vidéo ne garantissent pas une robustesse suffisante sur des canaux sensibles aux erreurs

- Techniques traditionnelles :

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*
- Techniques alternatives :

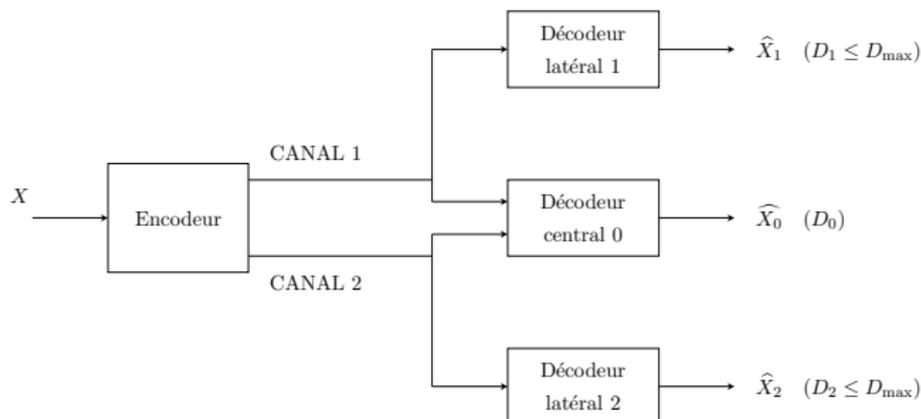
- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*
- Techniques alternatives :
 - Entrelacement des paquets

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*
- Techniques alternatives :
 - Entrelacement des paquets
 - + Diminuer l'effet des erreurs en rafale (*burst*)

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*
- Techniques alternatives :
 - Entrelacement des paquets
 - + Diminuer l'effet des erreurs en rafale (*burst*)
 - Délai systématique

- Techniques traditionnelles :
 - Automatic Repeat reQuest (ARQ) : Retransmission des trames perdues
 - + Garantie de recevoir l'information
 - Délai dû à la retransmission des paquets perdus
 - Codage correcteur d'erreurs (FEC) : Envoi d'une information redondante
 - + Pas de voie de retour
 - Effet de *cliff*
- Techniques alternatives :
 - Entrelacement des paquets
 - + Diminuer l'effet des erreurs en rafale (*burst*)
 - Délai systématique
 - Codage par descriptions multiples (MDC)

Codage par descriptions multiples



Le MDC est un codage conjoint source-canal :

- Décomposition de la source en plusieurs descriptions corrélées
- Envoi des descriptions sur plusieurs canaux

La qualité reste acceptable avec seulement un sous-ensemble de descriptions reçues et s'améliore lorsque le nombre de descriptions reçues augmente.

Techniques MDC :

- Sous-échantillonnage temporel ou spatial (*information splitting*)
- Transformations redondantes (MDCT)
- Quantification scalaire à descriptions multiples (MDSQ)
- ...

Propriétés :

- Introduction de redondance au niveau source pour combattre les erreurs de transmission
- Efficacité sur les réseaux avec beaucoup de pertes (pas d'effet de *cliff*)

- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples

- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire

- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente

- 4 Codage vidéo distribué robuste

- 5 Conclusion et perspectives

Deux architectures de codage vidéo MDC reposant sur un filtrage temporel compensé en mouvement (MCTF) :

- Codage par descriptions multiples dans le domaine temporel au niveau trame (MDCT-T)
- Codage par descriptions multiples dans le domaine temporel au niveau GOP (MDCT-G)

Description 1

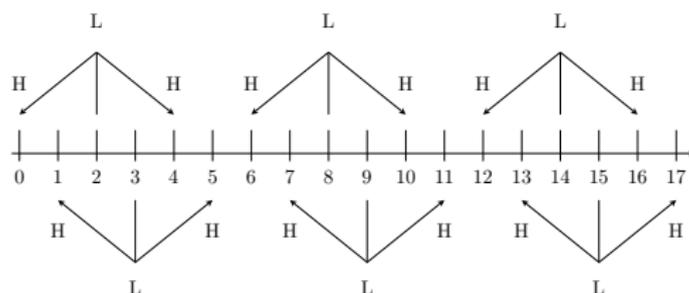


Description 2

Principe :

- Séparation des trames paires et impaires

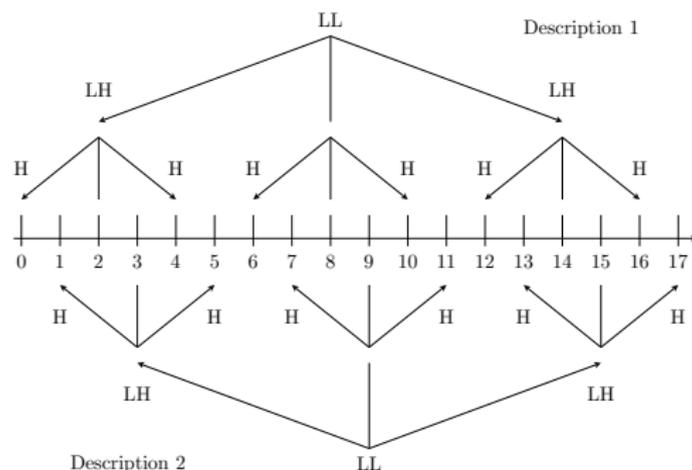
Description 1



Description 2

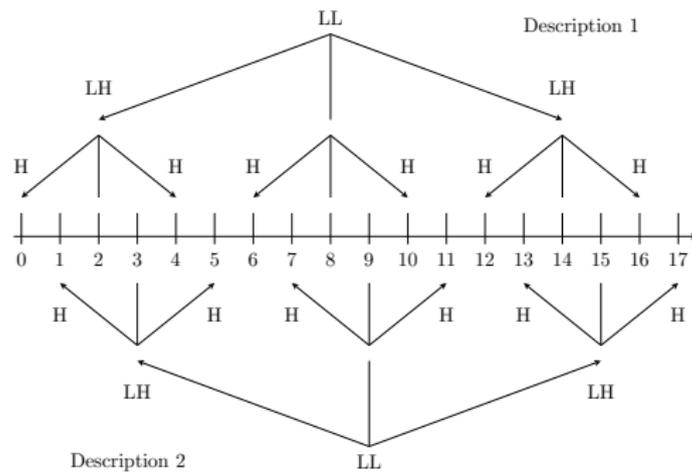
Principe :

- Séparation des trames paires et impaires
- MCTF de type Haar 3-bandes



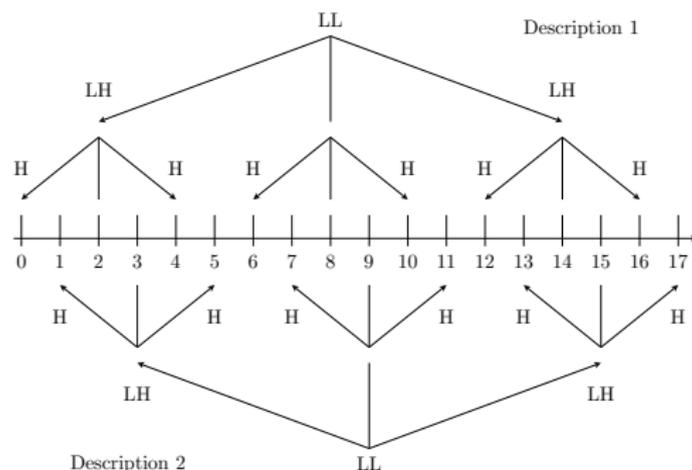
Principe :

- Séparation des trames paires et impaires
- MCTF de type Haar 3-bandes
- Deux niveaux de décomposition temporelle



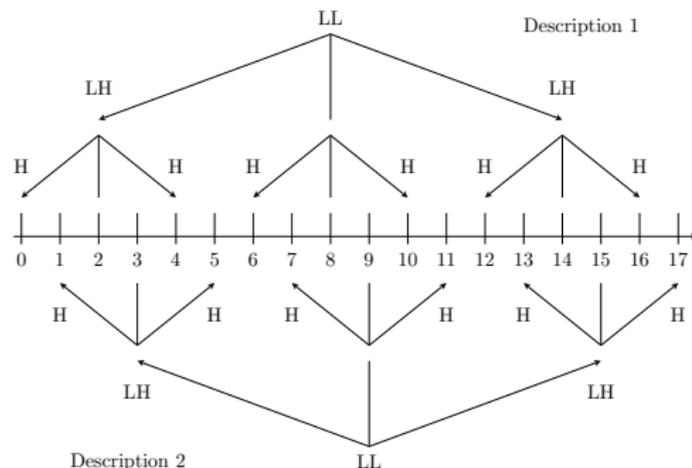
Propriétés :

- Redondance due à la sous-optimalité du codage



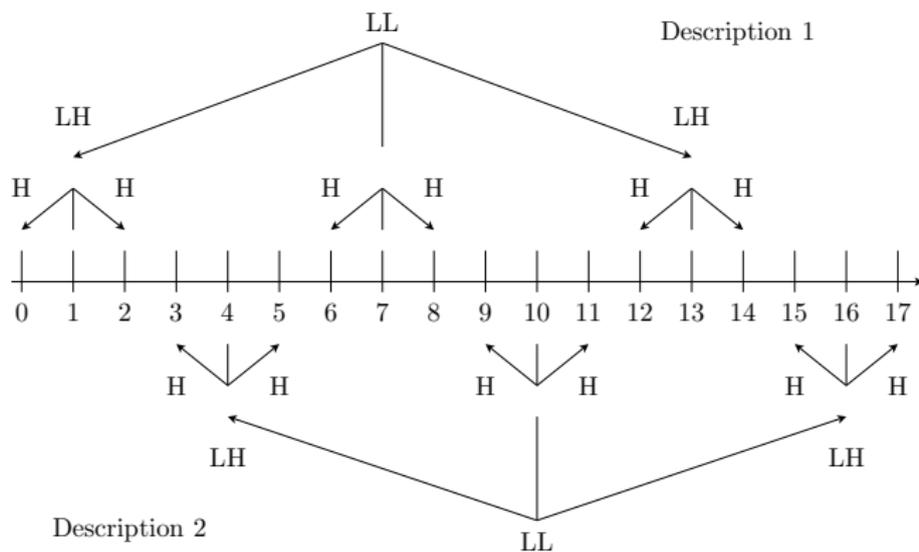
Propriétés :

- Redondance due à la sous-optimalité du codage
- Aux décodeurs latéraux, distance temporelle entre les trames reçues est de 1



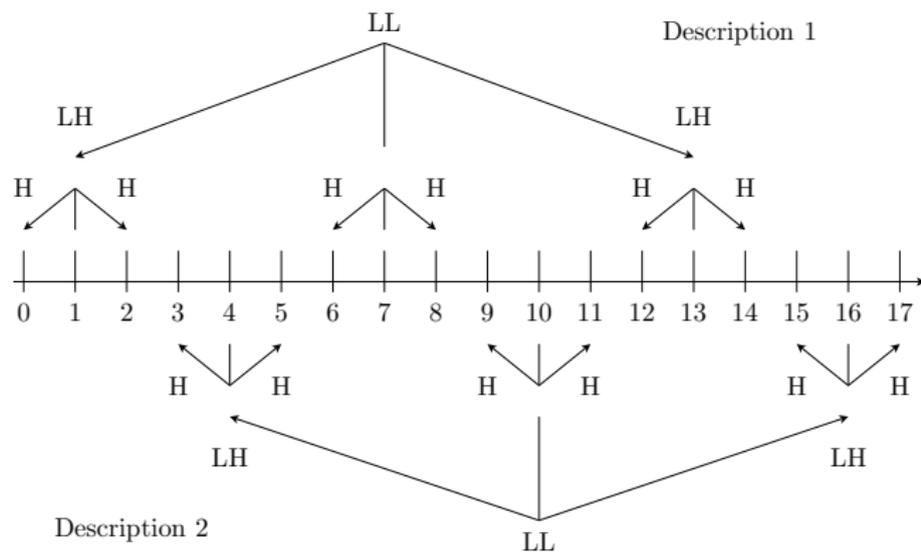
Propriétés :

- Redondance due à la sous-optimalité du codage
- Aux décodeurs latéraux, distance temporelle entre les trames reçues est de 1
 - ↳ Bonne qualité de l'interpolation



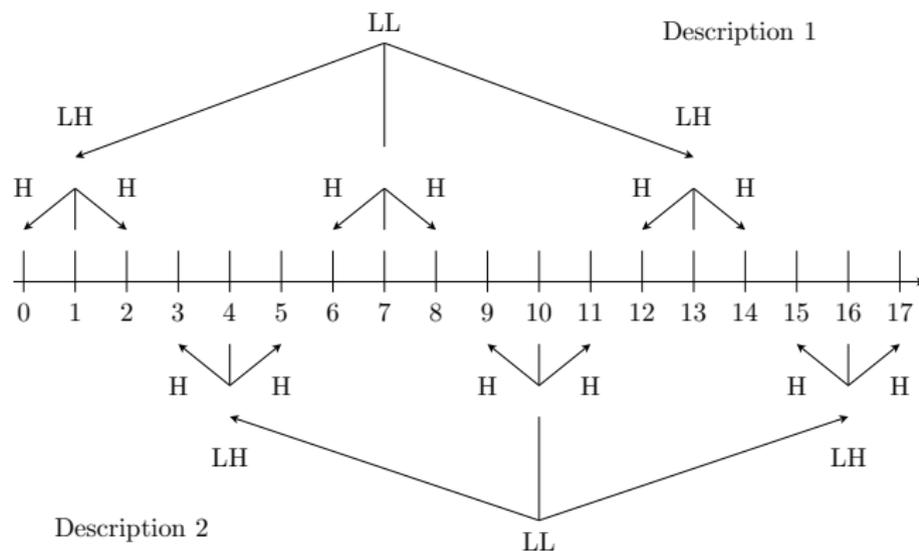
Principe :

- Séparation des trames en GOP (taille dépend du facteur de sous-échantillonnage)



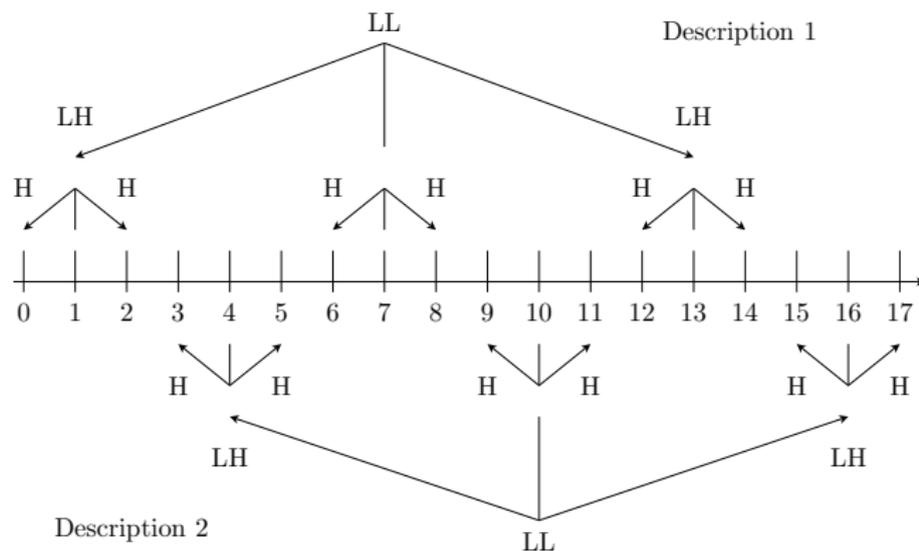
Principe :

- Séparation des trames en GOP (taille dépend du facteur de sous-échantillonnage)
- MCTF de type Haar 3-bandes (deux niveaux de décomposition temporelle)



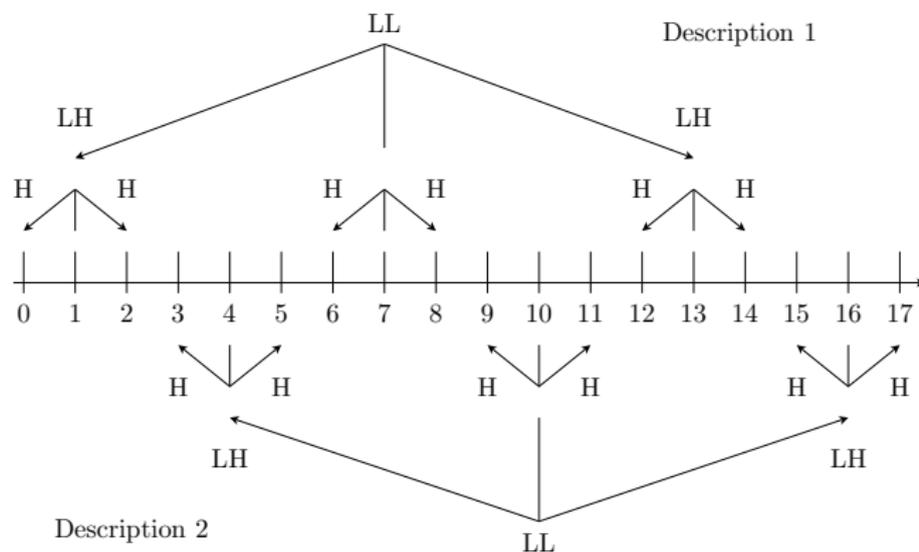
Propriétés :

- Redondance due à la sous-optimalité du codage au deuxième niveau de décomposition



Propriétés :

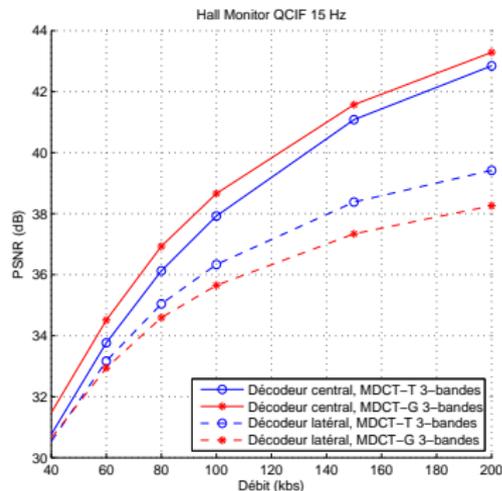
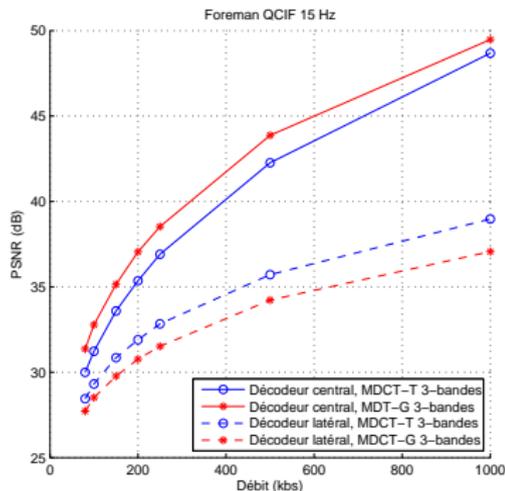
- Redondance due à la sous-optimalité du codage au deuxième niveau de décomposition
- Premier niveau de décomposition sur des trames consécutives



Propriétés :

- Redondance due à la sous-optimalité du codage au deuxième niveau de décomposition
- Premier niveau de décomposition sur des trames consécutives
 - ↪ Bonne performance au décodeur central

MDCT-T 3-bandes vs MDCT-G 3-bandes



- Central : MDCT-G 3-bandes > MDCT-T 3-bandes
- Latéral : MDCT-G 3-bandes < MDCT-T 3-bandes

- Deux schémas MDC équilibrés

Conclusion schémas MDC temporel

- Deux schémas MDC équilibrés
- Si une description est perdue, la moitié des trames sont perdues

Conclusion schémas MDC temporel

- Deux schémas MDC équilibrés
- Si une description est perdue, la moitié des trames sont perdues
 - ↪ Variation importante de la qualité (*Flickering*)



MDCT-G Latéral 1 / PSNR = 34.2 dB, bitrate = 500 kbs

Conclusion schémas MDC temporel

- Deux schémas MDC équilibrés
- Si une description est perdue, la moitié des trames sont perdues
 - ↪ Variation importante de la qualité (*Flickering*)

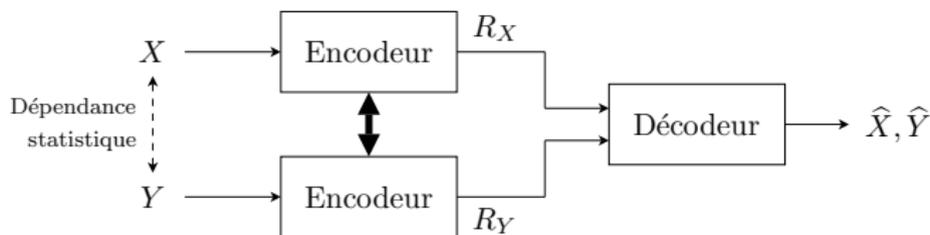


MDCT-G Latéral 1 / PSNR = 34.2 dB, bitrate = 500 kbs

↪ Codage en Wyner-Ziv (WZ) des trames manquantes

Codage de source distribué sans perte

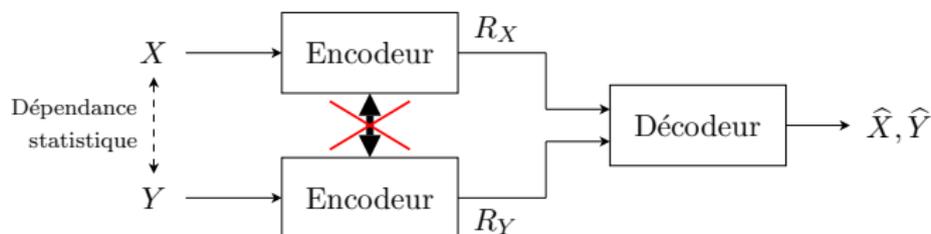
Soit $\{(X_i, Y_i)\}, i = 1, \dots, \infty$ une séquence de paires de variables aléatoires discrètes corrélées



Théorème de Shannon :

$$R_X + R_Y \geq H(X, Y)$$

Soit $\{(X_i, Y_i)\}, i = 1, \dots, \infty$ une séquence de paires de variables aléatoires discrètes corrélées



Théorème de Slepian-Wolf (SW) :

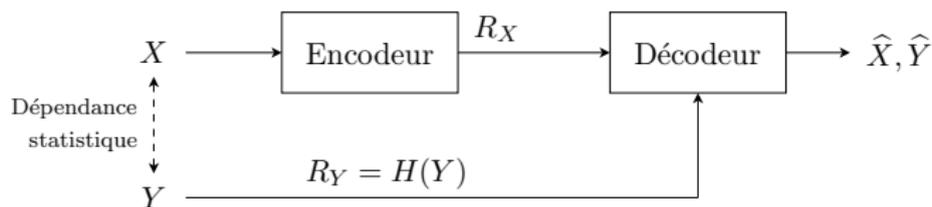
$$R_X + R_Y \geq H(X, Y),$$

$$R_X \geq H(X|Y), \quad R_Y \geq H(Y|X)$$

[Slepian, 1973]

Codage de source avec information adjacente

Soit $\{(X_i, Y_i)\}, i = 1, \dots, \infty$ une séquence de variables aléatoires discrètes corrélées (X, Y)

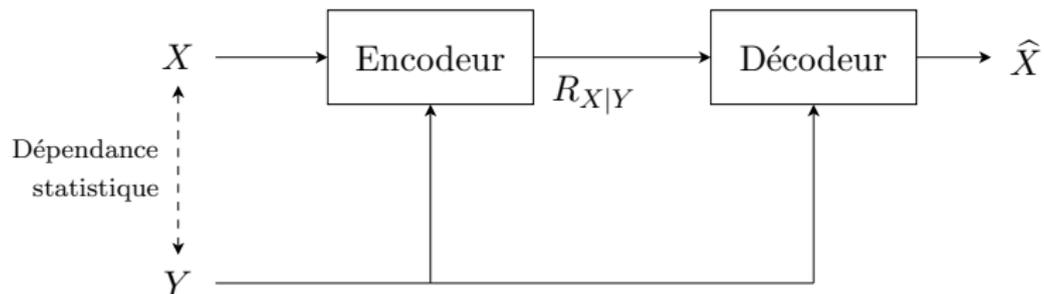


Le débit minimum pour représenter X est :

$$R_X \geq H(X|Y)$$

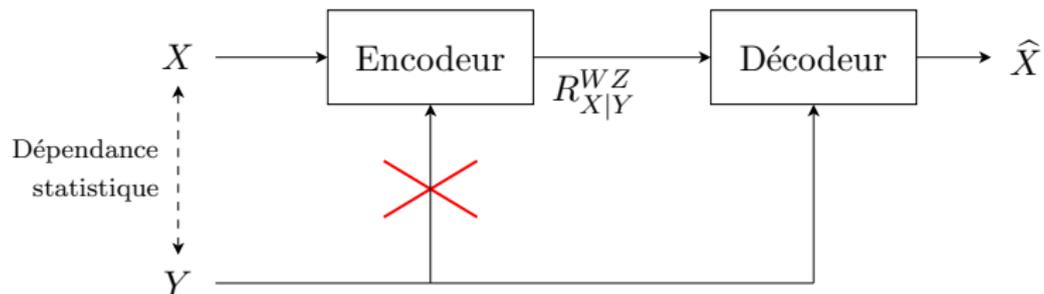
Codage de Wyner-Ziv (WZ) avec pertes

Codage de source avec information adjacente



Codage de Wyner-Ziv (WZ) avec pertes

Codage de source avec information adjacente au décodeur seulement



Pour des sources gaussiennes sans mémoire et une distorsion MSE,

$$R_{X|Y}^{WZ}(D_X) = R_{X|Y}(D_X)$$

[Wyner, 1976]

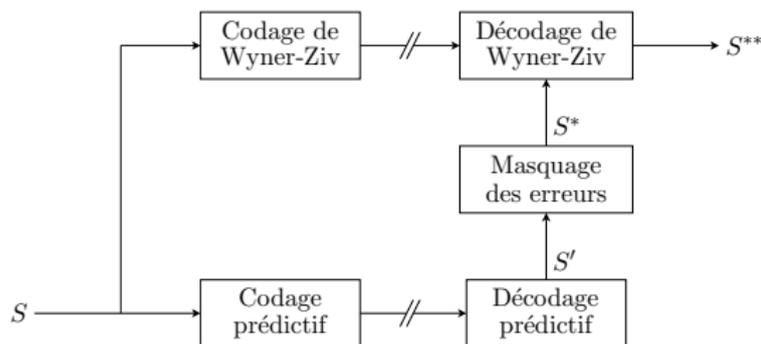
Utilisation du codage WZ sous forme de mécanisme FEC :

- Transmission analogique améliorée par une information numérique codée en WZ [Shamai, 1998]

Protection d'erreur systématique avec pertes

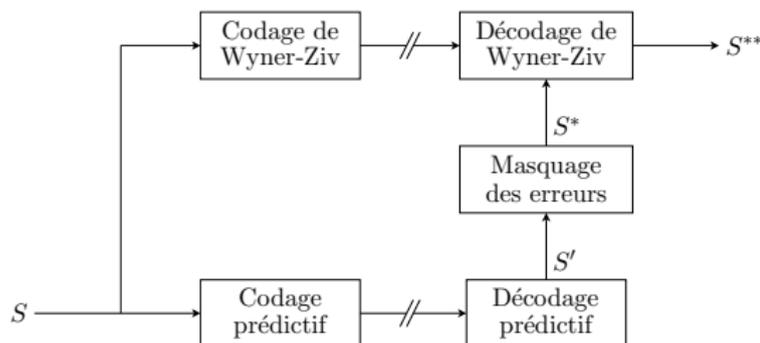
Utilisation du codage WZ sous forme de mécanisme FEC :

- Transmission analogique améliorée par une information numérique codée en WZ [Shamai, 1998]
- Dans le domaine numérique [Rane, 2004] [Wang, 2004] [Sehgal, 2004]



Utilisation du codage WZ sous forme de mécanisme FEC :

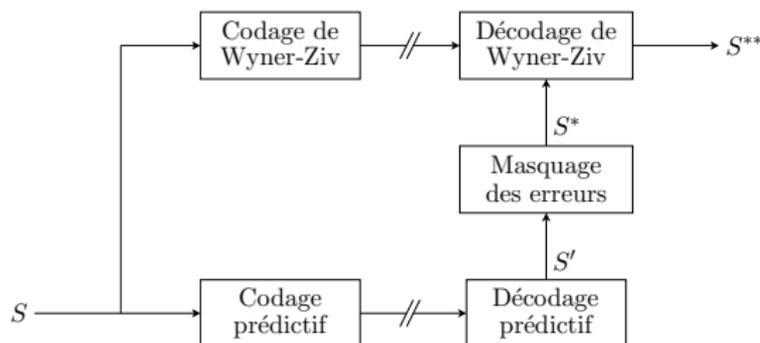
- Transmission analogique améliorée par une information numérique codée en WZ [Shamai, 1998]
- Dans le domaine numérique [Rane, 2004] [Wang, 2004] [Sehgal, 2004]



- Séquence vidéo codée conventionnellement (MPEG-X, H.26X),

Utilisation du codage WZ sous forme de mécanisme FEC :

- Transmission analogique améliorée par une information numérique codée en WZ [Shamai, 1998]
- Dans le domaine numérique [Rane, 2004] [Wang, 2004] [Sehgal, 2004]

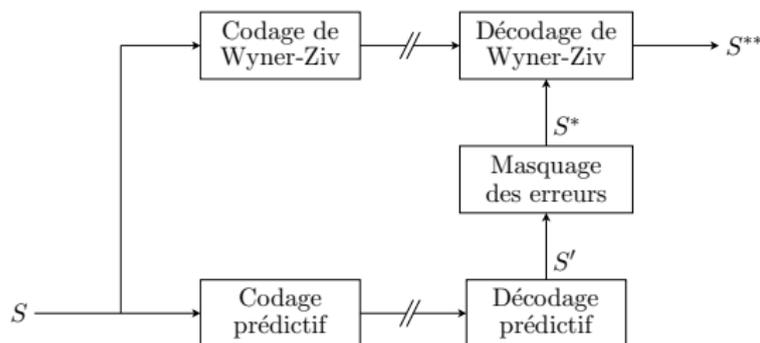


- Séquence vidéo codée conventionnellement (MPEG-X, H.26X),
- ... et en parallèle codée en WZ (quantification grossière)

Protection d'erreur systématique avec pertes

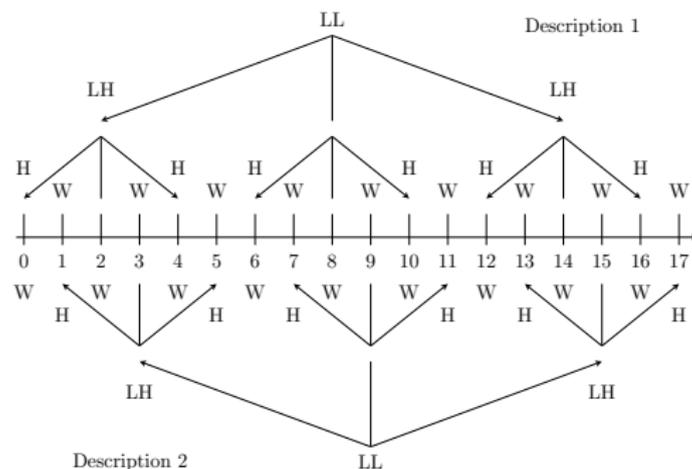
Utilisation du codage WZ sous forme de mécanisme FEC :

- Transmission analogique améliorée par une information numérique codée en WZ [Shamai, 1998]
- Dans le domaine numérique [Rane, 2004] [Wang, 2004] [Sehgal, 2004]

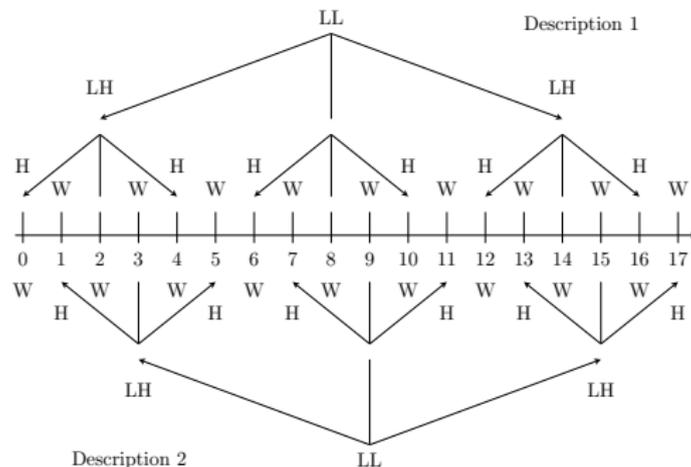


- Séquence vidéo codée conventionnellement (MPEG-X, H.26X),
- ... et en parallèle codée en WZ (quantification grossière)
- Après masquage d'erreurs, substitution par une version grossière mais correcte

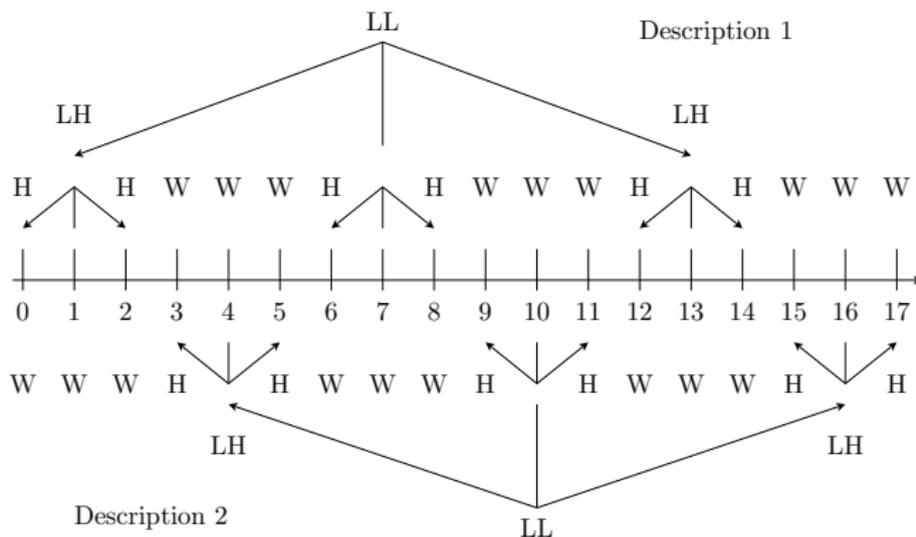
- Schémas MDC robuste :
 - Erreur de propagation prise en charge par MDC
 - Flux auxiliaire codé en WZ
 - ↪ Qualité aux décodeurs latéraux contrôlée par le taux de redondance WZ
- Redondance flexible :
 - si présence d'une voie de retour, flux WZ envoyé à la demande (ARQ)
 - sinon, envoi systématique (FEC)



- Codage WZ des trames manquantes dans chaque description



- Codage WZ des trames manquantes dans chaque description
 - ↳ Chaque description contient une information sur chaque trame de la séquence



- Codage WZ des trames manquantes dans chaque description

Schéma MDC dans le domaine temporel

■ Architecture de l'encodeur

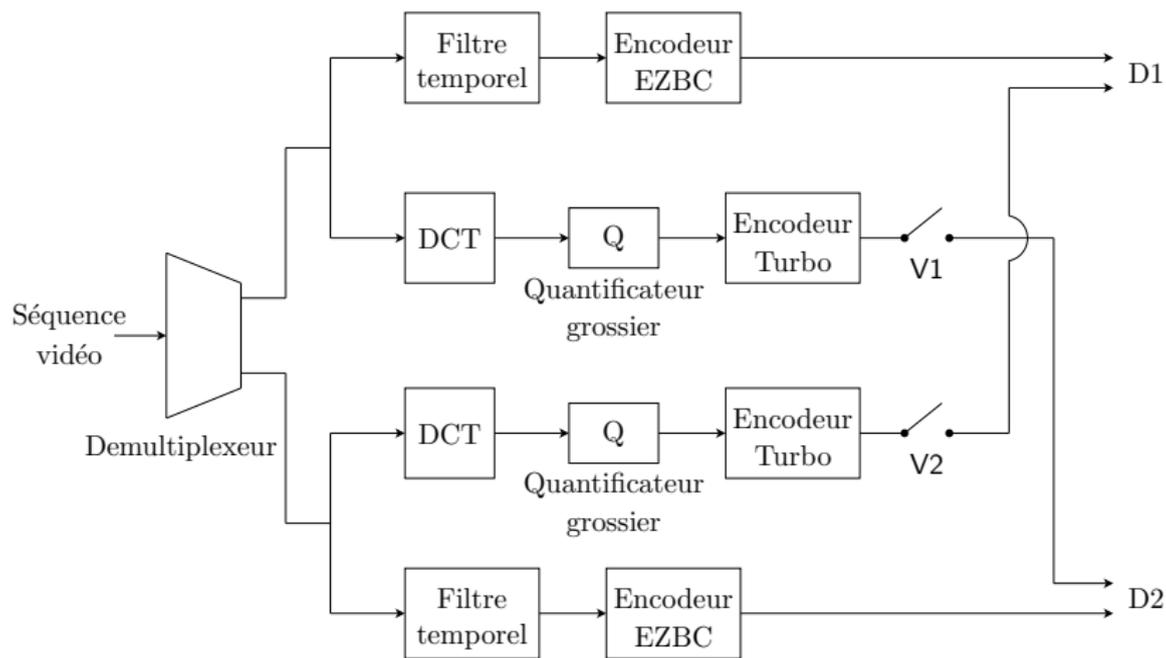
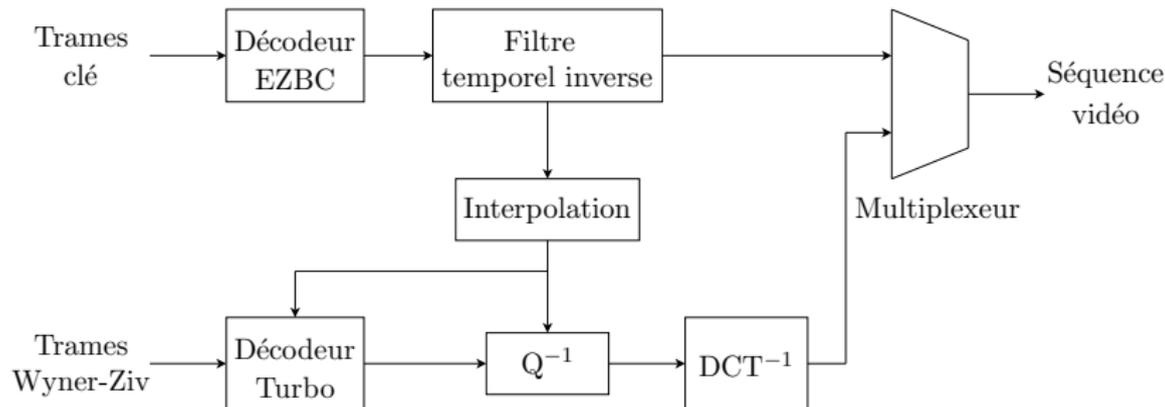


Schéma MDC dans le domaine temporel

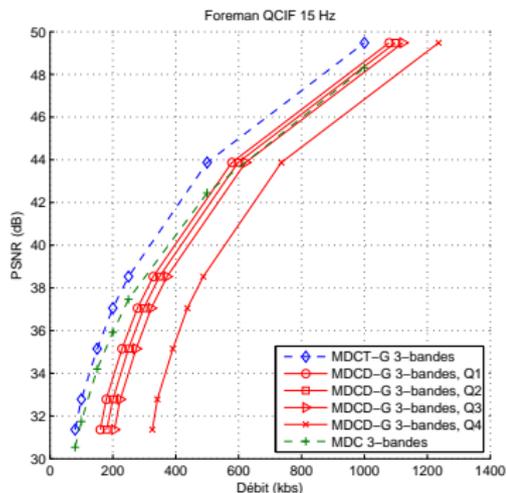
■ Architecture du décodeur latéral



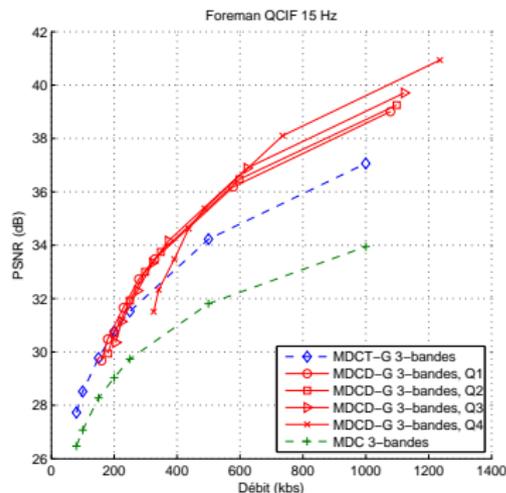
- Comparaison entre le schéma MDCCD-G 3-bandes et le schéma MDC 3-bandes [Tillier, 2004]
- Envoi systématique des données WZ
- 4 niveaux de quantification pour le débit WZ : Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4

Codage systématique avec pertes dans le domaine pixel

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



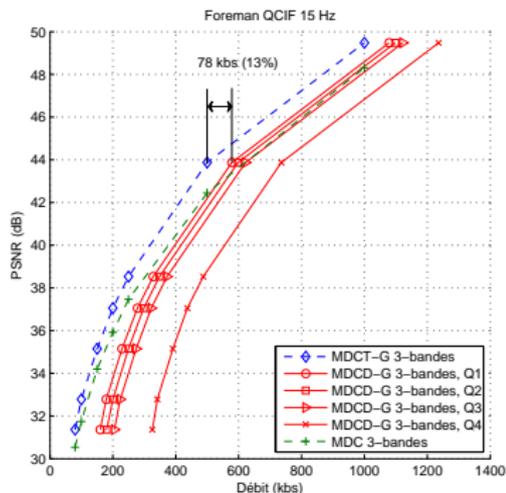
Décodeur central



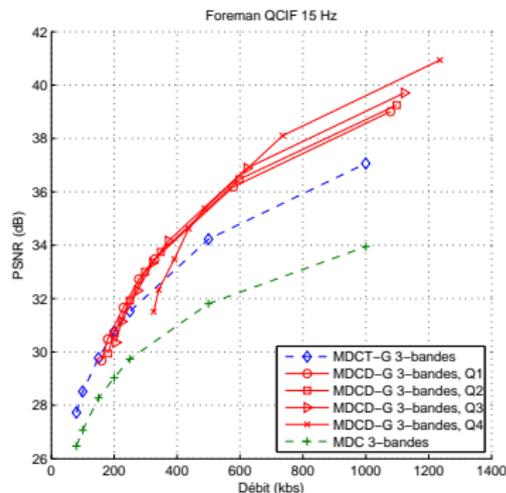
Décodeurs latéraux

Codage systématique avec pertes dans le domaine pixel

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



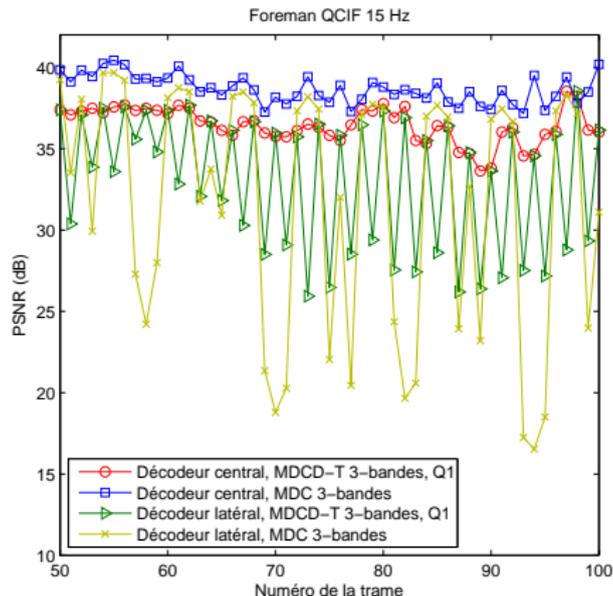
Décodeur central



Décodeurs latéraux

Codage systématique avec pertes dans le domaine pixel

- Foreman, QCIF, 15 Hz à 307 kbs
- Evolution du PSNR entre la 50ème et la 100ème trame



- Réduction des variations de PSNR aux décodeurs latéraux

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte
- Pas de voie de retour (FEC)

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte
- Pas de voie de retour (FEC)
 - + Amélioration des performances latérales

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte
- Pas de voie de retour (FEC)
 - + Amélioration des performances latérales
 - Redondance liée à la corrélation avec l'IA

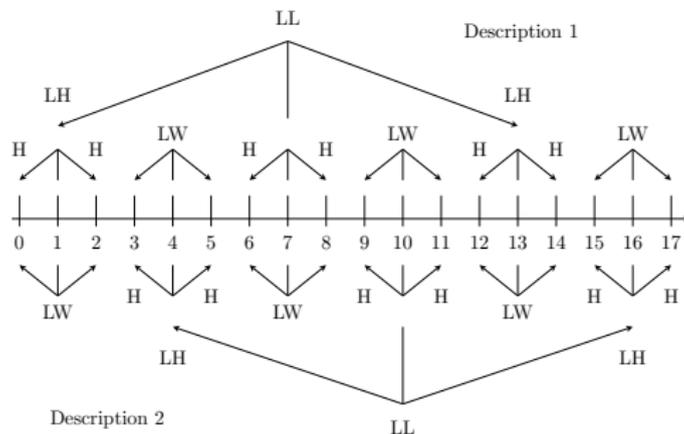
Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte
- Pas de voie de retour (FEC)
 - + Amélioration des performances latérales
 - Redondance liée à la corrélation avec l'IA
 - Redondance non exploitée au décodeur central

Deux mécanismes possibles :

- Présence d'un canal de retour (ARQ)
 - + Information WZ seulement transmise en cas de perte
- Pas de voie de retour (FEC)
 - + Amélioration des performances latérales
 - Redondance liée à la corrélation avec l'IA
 - Redondance non exploitée au décodeur central
 - ↪ Solution pour réduire cette redondance

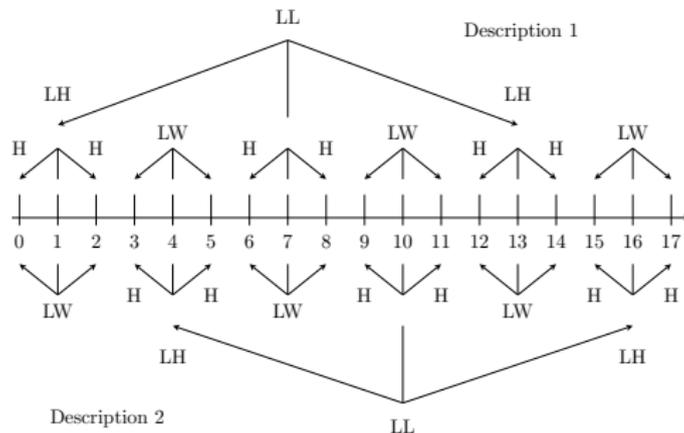
MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



Principe :

- Schéma de base identique à MDCT-G 3-bandes

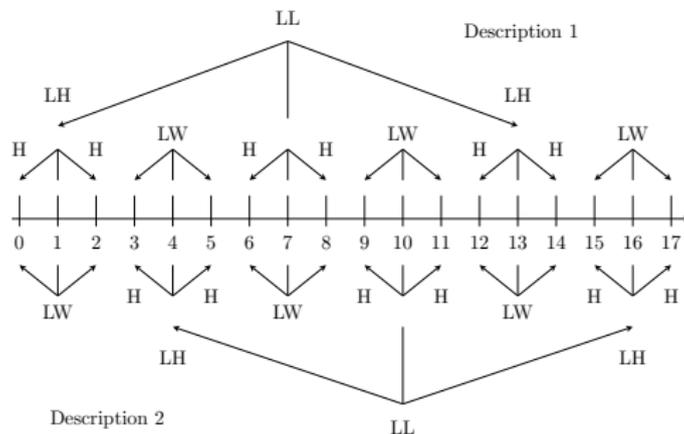
MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



Principe :

- Schéma de base identique à MDCT-G 3-bandes
- MCTF sur les trames WZ (Un seul niveau de décomposition temporelle)

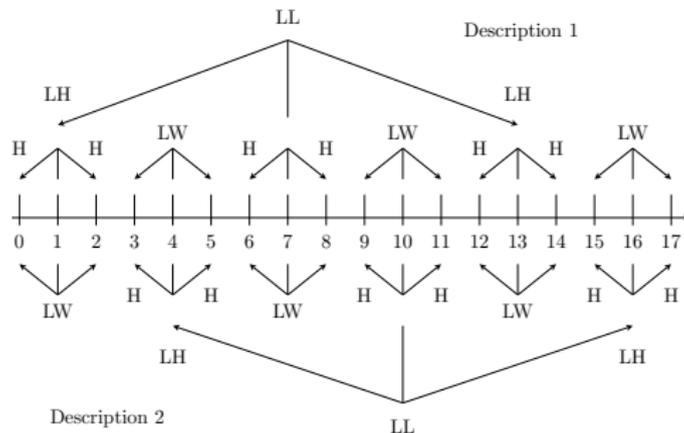
MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



Principe :

- Schéma de base identique à MDCT-G 3-bandes
- MCTF sur les trames WZ (Un seul niveau de décomposition temporelle)
- Seules les sous-bandes BF sont codées en WZ

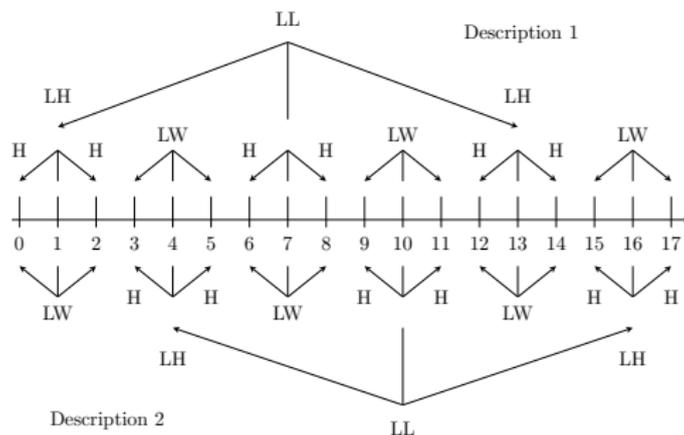
MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



Principe :

- Schéma de base identique à MDCT-G 3-bandes
- MCTF sur les trames WZ (Un seul niveau de décomposition temporelle)
- Seules les sous-bandes BF sont codées en WZ
- Aux décodeurs latéraux, utilisation des sous-bandes HF de l'information adjacente

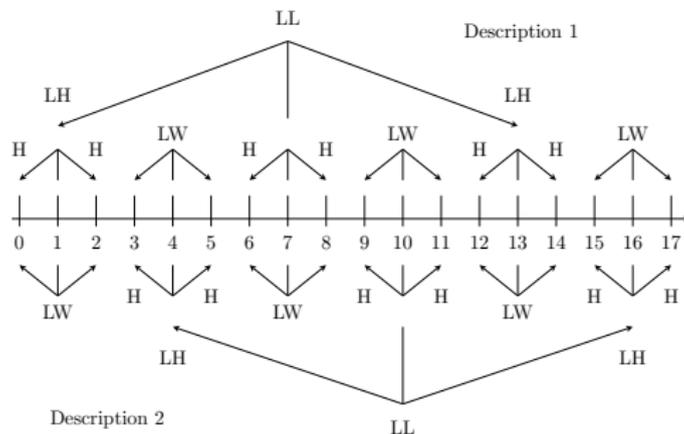
MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



Propriétés :

- Réduction du débit WZ

MDCD-G 3-bandes dans le domaine MCTF



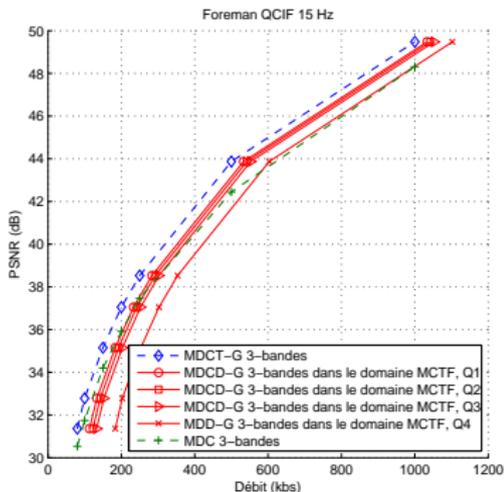
Propriétés :

- Réduction du débit WZ

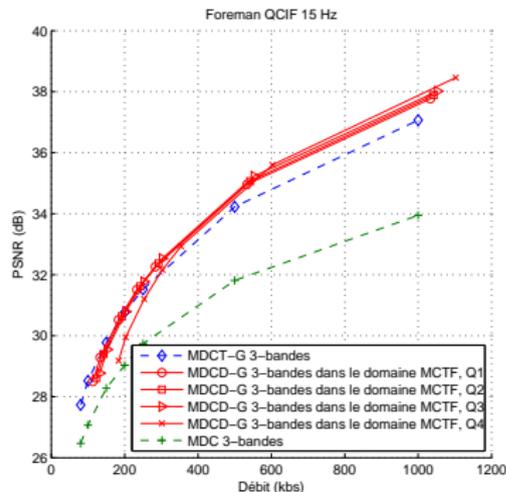
↪ Amélioration des performances au décodeur central

Codage systématique avec pertes dans le domaine MCTF

■ Foreman, QCIF, 15 Hz

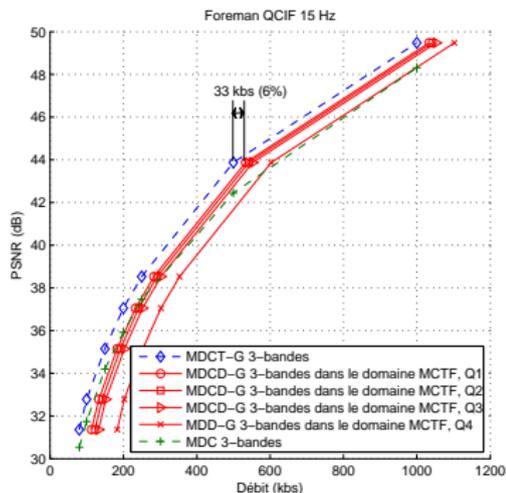


Décodeur central

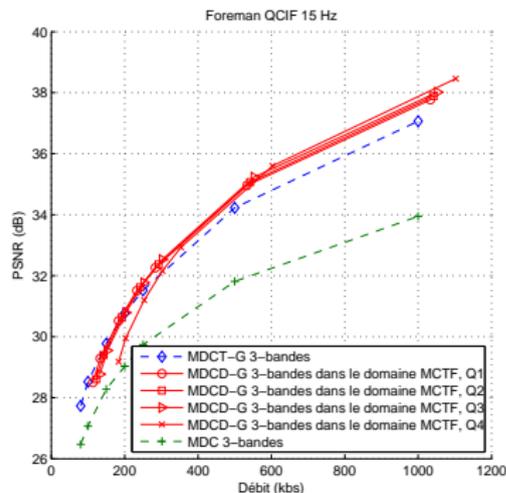


Décodeurs latéraux

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



Décodeur central



Décodeurs latéraux

- Schémas MDC équilibrés

Conclusion MDC protégé par un flux auxiliaire

- Schémas MDC équilibrés
- Système de réduction de l'erreur de propagation pouvant être utilisé comme une alternative à ARQ ou FEC

Conclusion MDC protégé par un flux auxiliaire

- Schémas MDC équilibrés
- Système de réduction de l'erreur de propagation pouvant être utilisé comme une alternative à ARQ ou FEC
- Information WZ inutilisée sans la présence d'erreurs
 - ↪ Codage par descriptions multiples avec information adjacente

Conclusion MDC protégé par un flux auxiliaire

- Schémas MDC équilibrés
- Système de réduction de l'erreur de propagation pouvant être utilisé comme une alternative à ARQ ou FEC
- Information WZ inutilisée sans la présence d'erreurs
 - ↪ Codage par descriptions multiples avec information adjacente

- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples

- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire

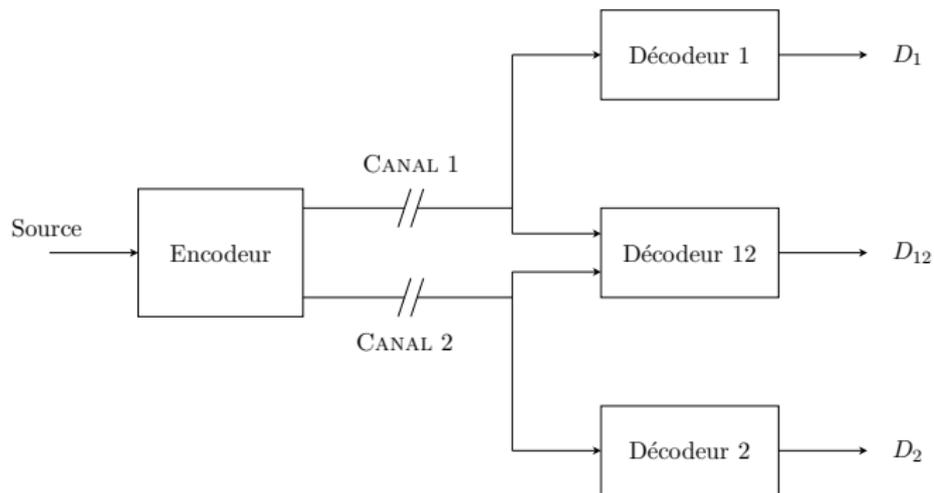
- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente

- 4 Codage vidéo distribué robuste

- 5 Conclusion et perspectives

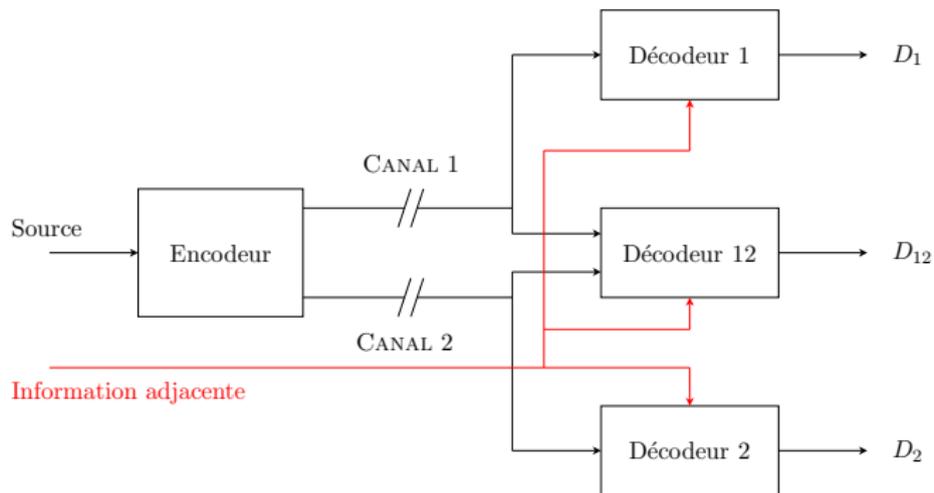
Codage par descriptions multiples avec IA

MDC avec information adjacente repose sur des principes de codage MD et SW



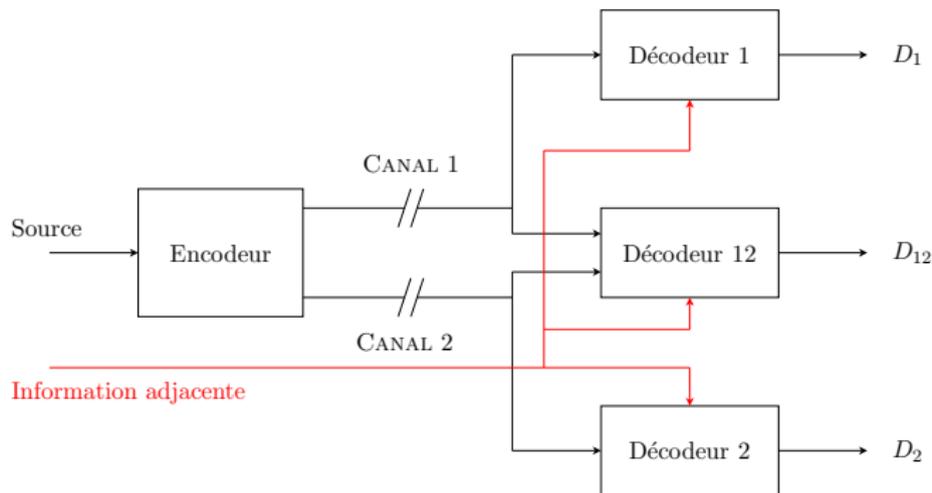
Codage par descriptions multiples avec IA

MDC avec information adjacente repose sur des principes de codage MD et SW



Codage par descriptions multiples avec IA

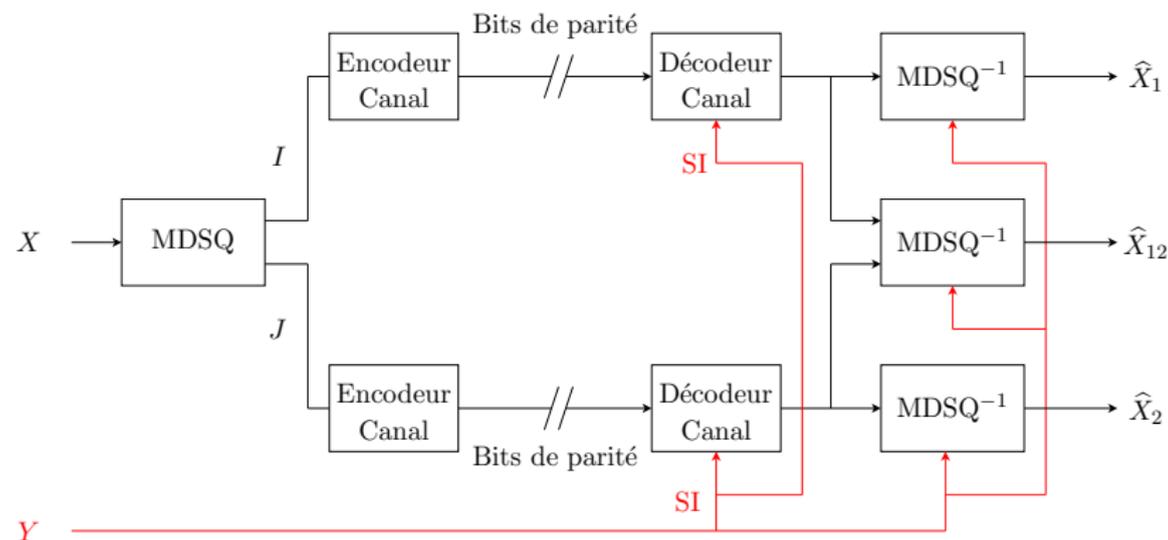
MDC avec information adjacente repose sur des principes de codage MD et SW



- Dans le cas gaussien, la fonction débit-distorsion est la même que l'encodeur ait accès ou non à l'IA [Diggavi, 2004]

MDSQ avec information adjacente

Soient X et Y deux sources gaussiennes sans mémoire corrélées où $Y = X + U$. U est un bruit gaussien de moyenne nulle et de variance σ_U^2 .

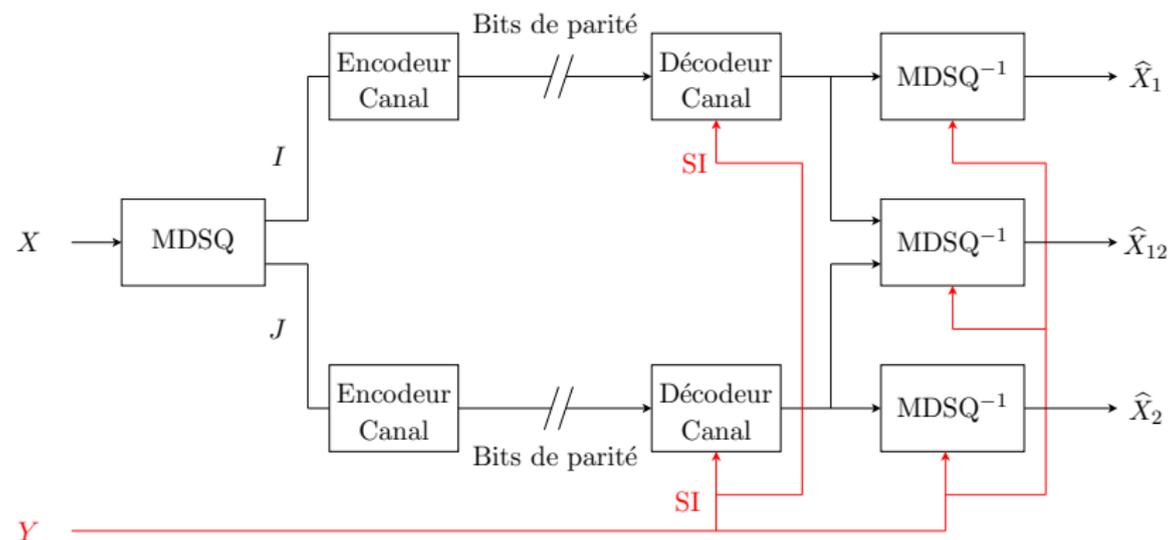


Deux codes de canal :

- Turbo codes
- Codes LDPC

MDSQ avec information adjacente

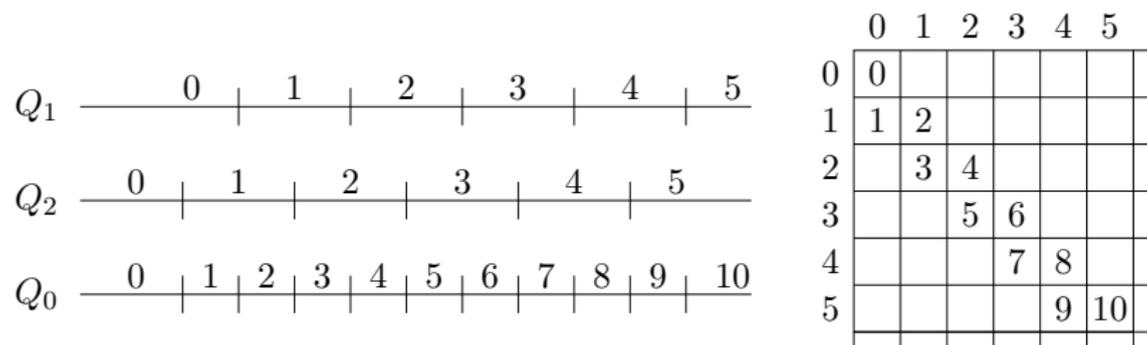
Soient X et Y deux sources gaussiennes sans mémoire corrélées où $Y = X + U$. U est un bruit gaussien de moyenne nulle et de variance σ_U^2 .



Deux codes de canal :

- Turbo codes
- Codes LDPC

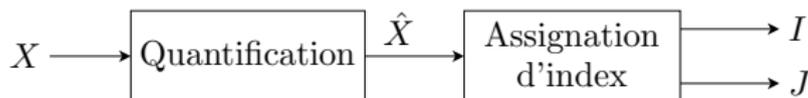
Quantification scalaire à descriptions multiples (MDSQ)



Exemple de MDSQ avec des cellules entrelacées

Principe de la MDSQ [Vaishampayan, 1993] :

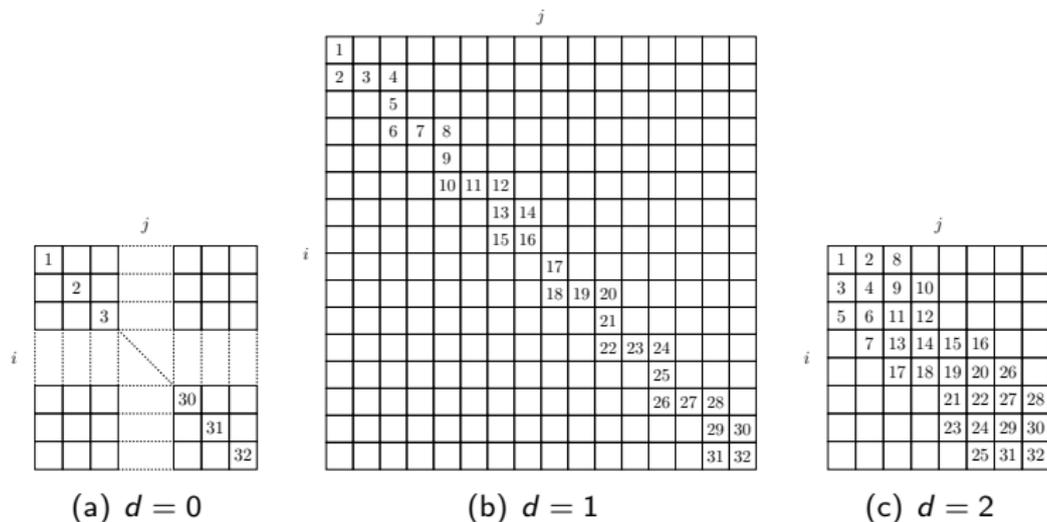
- Descriptions obtenues par une assignation d'index
- Nombre de diagonales détermine le taux de redondance



Système de MDSQ

Assignment d'index

Les résultats ont été obtenus pour trois matrices d'assignation d'index construites à partir de tables d'index emboîtés [Guionnet, 2001]



Matrices d'assignation d'index pour 32 niveaux de quantification sur le dictionnaire central, avec (a) 1 diagonale, (b) 3 diagonales, (c) 5 diagonales.

Quantification inverse avec information adjacente optimale en moyenne quadratique, où le bruit U a une distribution gaussienne de moyenne nulle et de variance σ_U^2 :

$$\hat{x}_{opt} = E[x|x \in \bigcup_{k=1}^K [z_i^k, z_{i+1}^k), y]$$

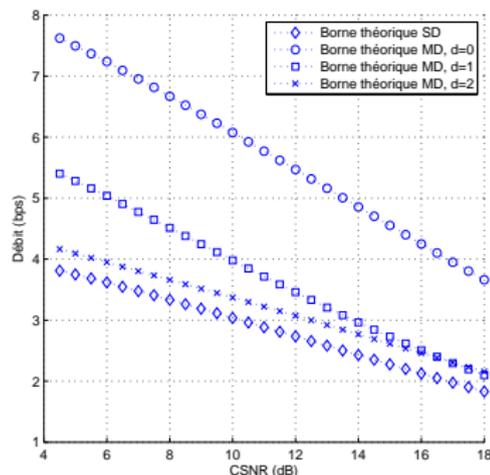
où K , le nombre d'intervalles de quantification, dépend du nombre de descriptions reçues.

$$\hat{x}_{opt} = y + \frac{\frac{\sigma_U \sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sum_{k=1}^K (e^{-b^2} - e^{-a^2})}{\sum_{k=1}^K (\operatorname{erf}(a) - \operatorname{erf}(b))} \quad \text{où} \quad \begin{aligned} a &= \frac{z_{i+1}^k - y}{\sigma_U \sqrt{2}} \\ b &= \frac{z_i^k - y}{\sigma_U \sqrt{2}} \end{aligned}$$

Limite théorique de Slepian-Wolf

En décodant séparément les descriptions, la limite théorique est définie par :

$$R_X \geq H(I|Y) + H(J|Y)$$



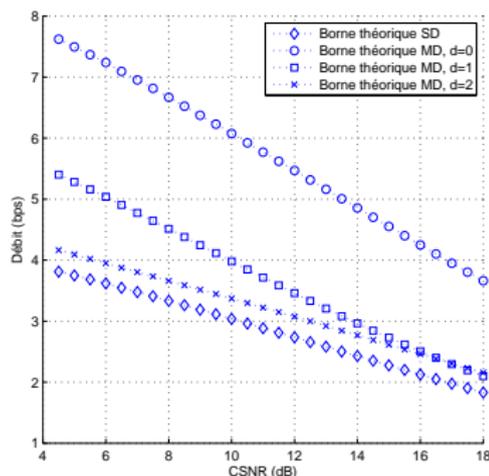
- Corrélation entre Y et I, J ne dépend pas seulement du CSNR mais également de d

$$CSNR = 10 \log_{10}(\sigma_Y^2 / \sigma_Z^2)$$

Limite théorique de Slepian-Wolf

En décodant séparément les descriptions, la limite théorique est définie par :

$$R_X \geq H(I|Y) + H(J|Y)$$



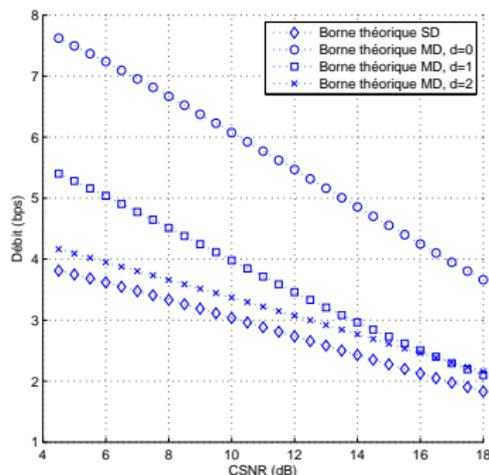
- Corrélation entre Y et I, J ne dépend pas seulement du CSNR mais également de d
 - ↪ Impact du CSNR diminue lorsque d augmente

$$CSNR = 10 \log_{10}(\sigma_Y^2 / \sigma_Z^2)$$

Limite théorique de Slepian-Wolf

En décodant séparément les descriptions, la limite théorique est définie par :

$$R_X \geq H(I|Y) + H(J|Y)$$

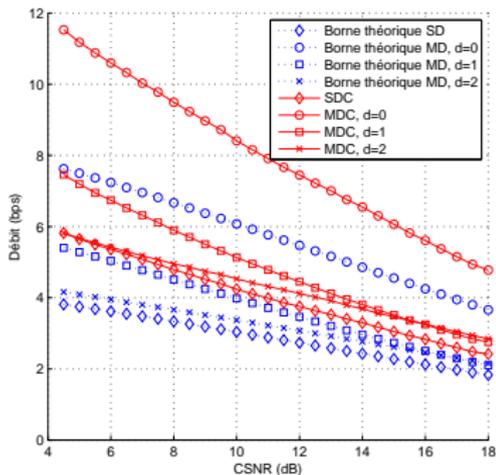


$$CSNR = 10 \log_{10}(\sigma_Y^2 / \sigma_Z^2)$$

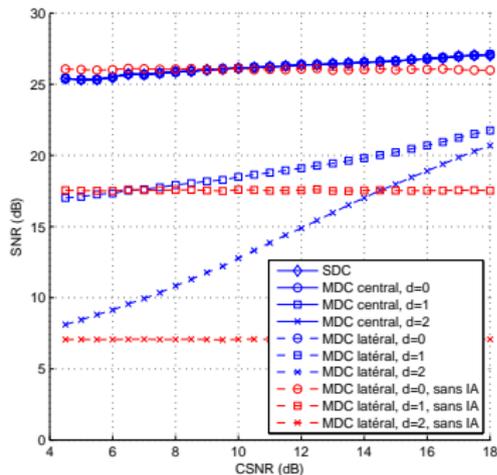
- Corrélation entre Y et I, J ne dépend pas seulement du CSNR mais également de d
 - ↪ Impact du CSNR diminue lorsque d augmente
 - ↪ Introduire de la redondance pour un coût nul

Résultats de la MDSQ avec IA

- 100 séquences de 1584 symboles



CSNR vs Débit

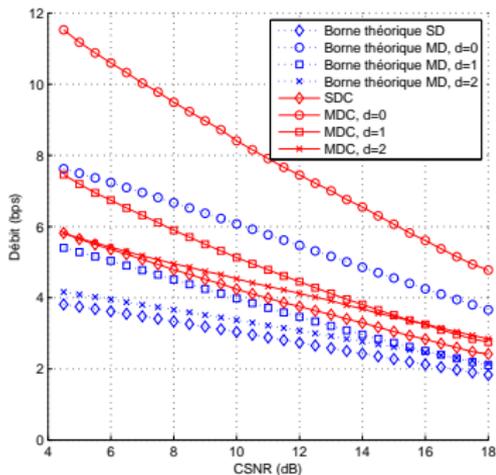


CSNR vs SNR

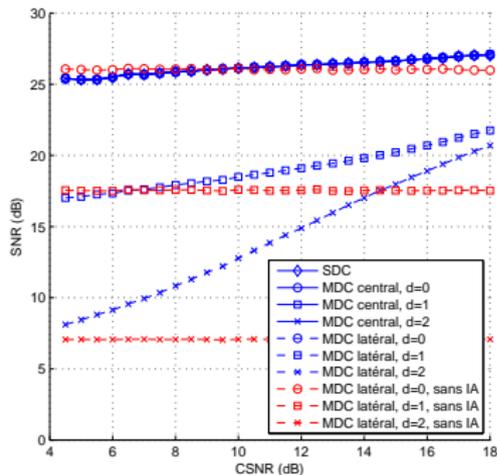
- Comportement des débits réels identique à celui des limites théoriques

Résultats de la MDSQ avec IA

- 100 séquences de 1584 symboles



CSNR vs Débit

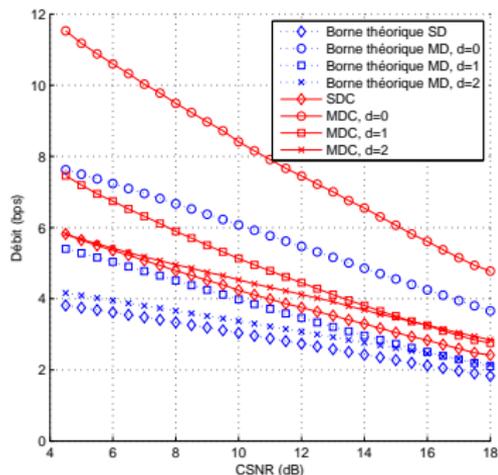


CSNR vs SNR

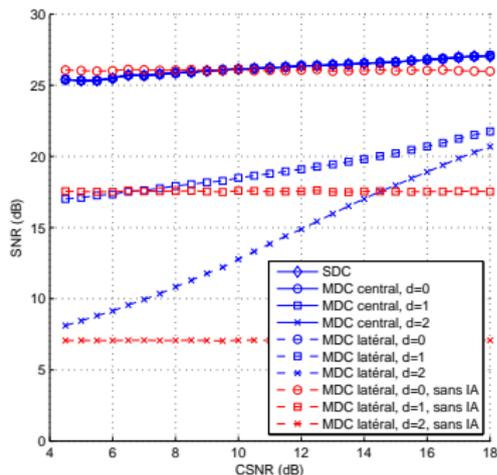
- Comportement des débits réels identique à celui des limites théoriques
- Augmentation du SNR aux décodeurs latéraux avec IA

Résultats de la MDSQ avec IA

- 100 séquences de 1584 symboles



CSNR vs Débit

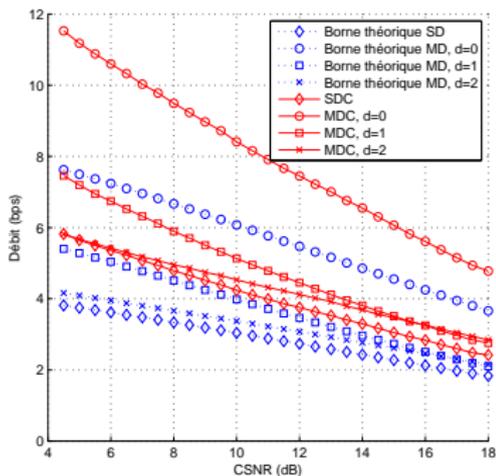


CSNR vs SNR

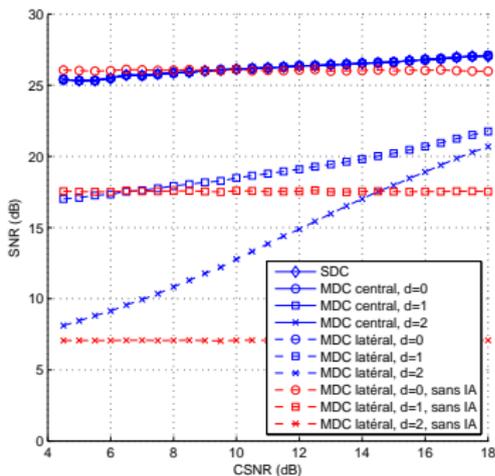
- Comportement des débits réels identique à celui des limites théoriques
- Augmentation du SNR aux décodeurs latéraux avec IA
- Quantificateur de LM construit à partir de la distribution de X

Résultats de la MDSQ avec IA

- 100 séquences de 1584 symboles



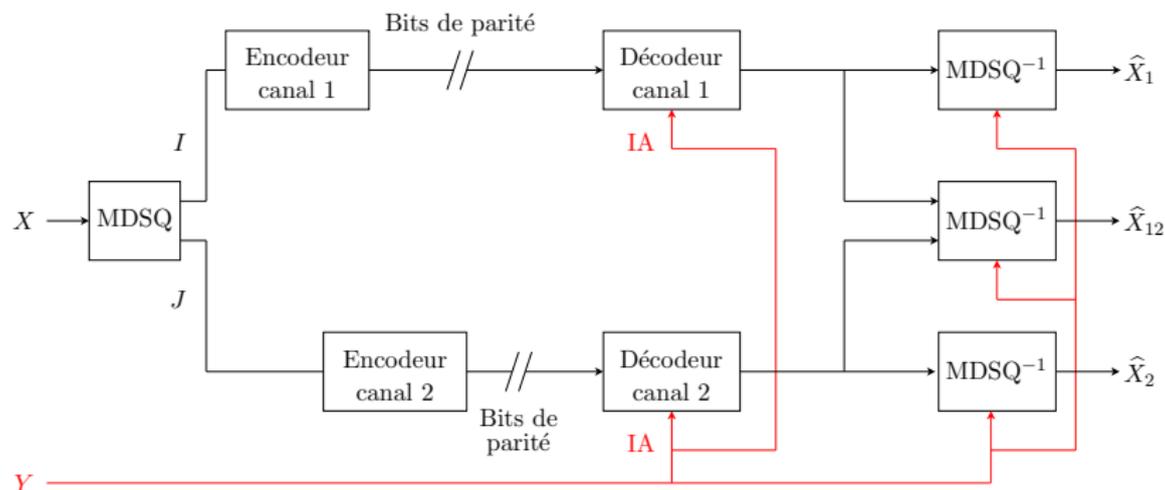
CSNR vs Débit



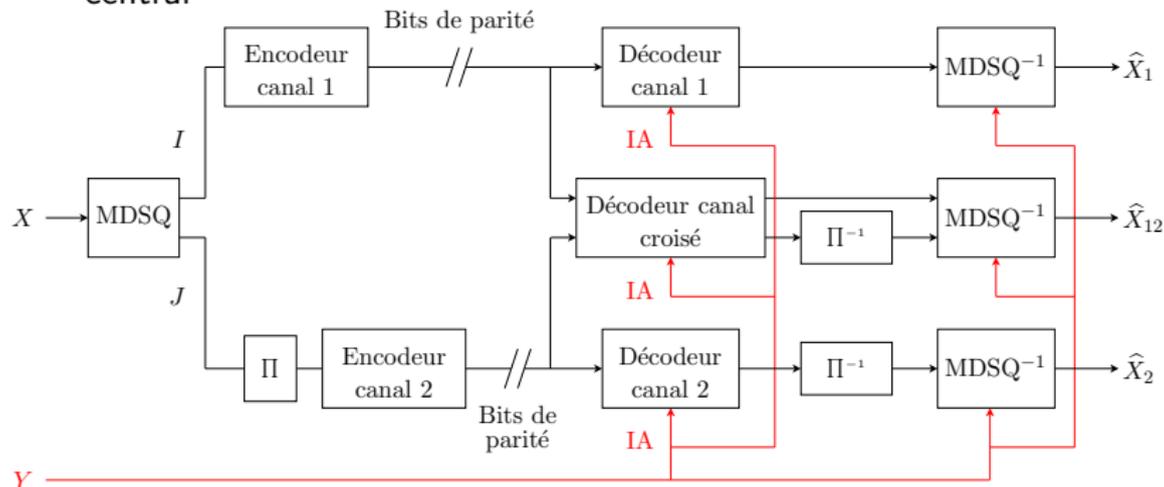
CSNR vs SNR

- Comportement des débits réels identique à celui des limites théoriques
- Augmentation du SNR aux décodeurs latéraux avec IA
- Quantificateur de LM construit à partir de la distribution de X
↪ Moins bonne performance à faible CSNR

■ Descriptions décodées séparément



- Exploitation de la corrélation entre les descriptions au décodeur central



Décodage croisé de deux descriptions

Technique de décodage itérative similaire à celle utilisée en décodage turbo

		<i>j</i>						
	1	2	8					
	3	4	9	10				
	5	6	11	12				
<i>i</i>		7	13	14	15	16		
			17	18	19	20	26	
					21	22	27	28
					23	24	29	30
						25	31	32

Matrice d'assignation d'index $d = 2$

On a :

- $P(i = 1 | j = 1) = 1/3$

Décodage croisé de deux descriptions

Technique de décodage itérative similaire à celle utilisée en décodage turbo

j

1	2	8					
3	4	9	10				
5	6	11	12				
	7	13	14	15	16		
		17	18	19	20	26	
				21	22	27	28
				23	24	29	30
					25	31	32

i

Matrice d'assignation d'index $d = 2$

On a :

- $P(i = 1 | j = 1) = 1/3$
- $P(i = 1 | j = 2) = 1/4$
- $P(i = 1 | j = 3) = 1/5$

Décodage croisé de deux descriptions

Technique de décodage itérative similaire à celle utilisée en décodage turbo

		<i>j</i>						
	1	2	8					
	3	4	9	10				
	5	6	11	12				
		7	13	14	15	16		
<i>i</i>			17	18	19	20	26	
					21	22	27	28
					23	24	29	30
						25	31	32

Matrice d'assignation d'index $d = 2$

On a :

- $P(i = 1 | j = 1) = 1/3$
- $P(i = 1 | j = 2) = 1/4$
- $P(i = 1 | j = 3) = 1/5$
- ...

Décodage croisé de deux descriptions

Technique de décodage itérative similaire à celle utilisée en décodage turbo

		<i>j</i>						
	1	2	8					
	3	4	9	10				
	5	6	11	12				
		7	13	14	15	16		
<i>i</i>			17	18	19	20	26	
					21	22	27	
					23	24	29	
						25	31	
							32	

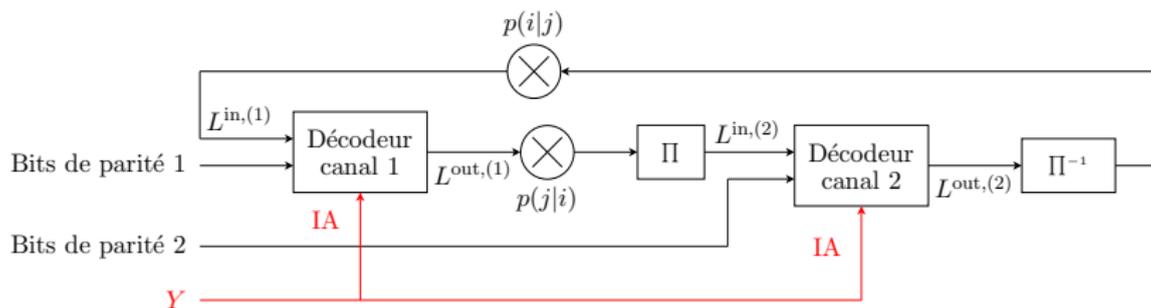
Matrice d'assignation d'index $d = 2$

On a :

- $P(i = 1 | j = 1) = 1/3$
- $P(i = 1 | j = 2) = 1/4$
- $P(i = 1 | j = 3) = 1/5$
- ...

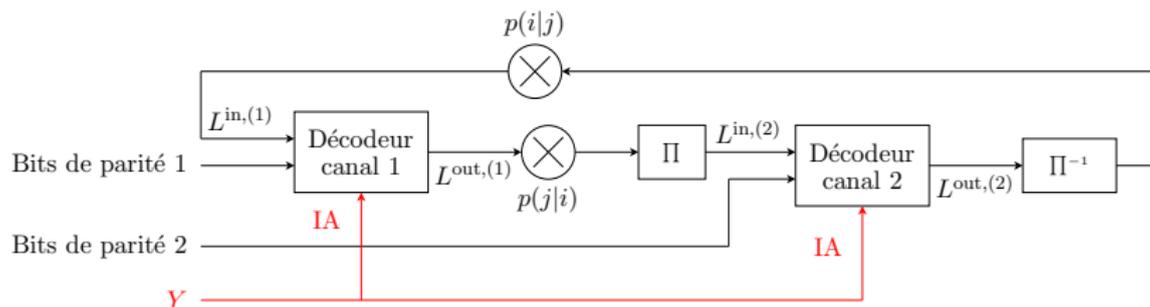
↔ Calcul d'une estimation de la description I à partir de la description J et vice versa

Décodage croisé de deux descriptions



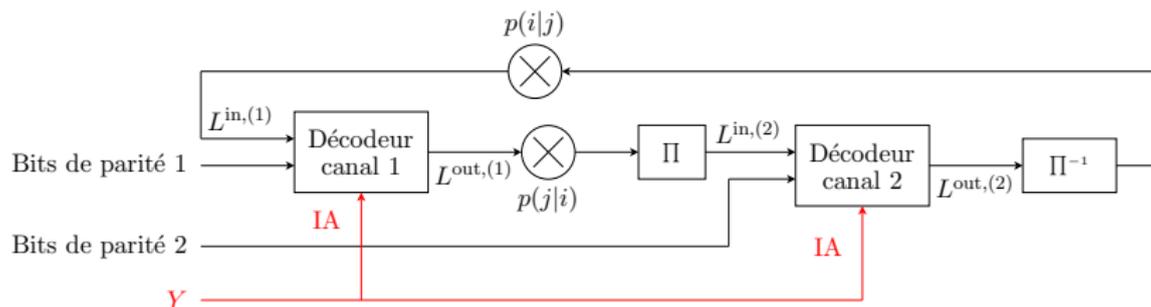
- Multiplication de l'information extrinsèque $L^{out,(1)}$ à la sortie du décodeur de i avec la distribution de probabilité conditionnelle $P(j|i)$

Décodage croisé de deux descriptions



- Multiplication de l'information extrinsèque $L^{out,(1)}$ à la sortie du décodeur de i avec la distribution de probabilité conditionnelle $P(j|i)$
↪ Information *a priori* pour le décodage de j

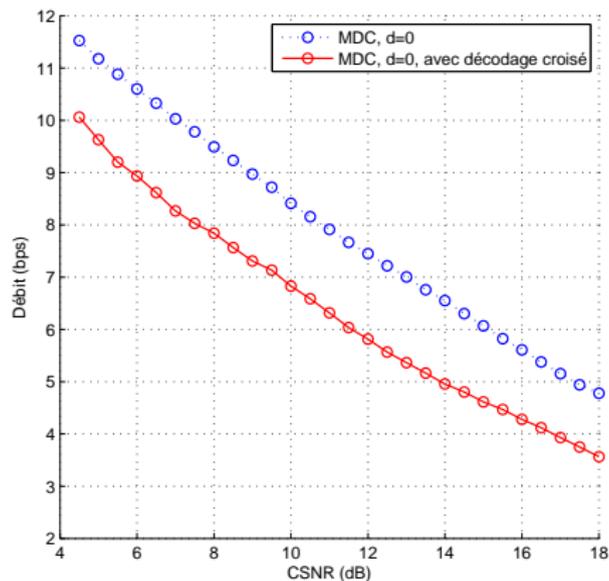
Décodage croisé de deux descriptions



- Multiplication de l'information extrinsèque $L^{out,(1)}$ à la sortie du décodeur de i avec la distribution de probabilité conditionnelle $P(j|i)$
↪ Information *a priori* pour le décodage de j
- Entrelacement pour décorréliser les erreurs d'estimation des descriptions

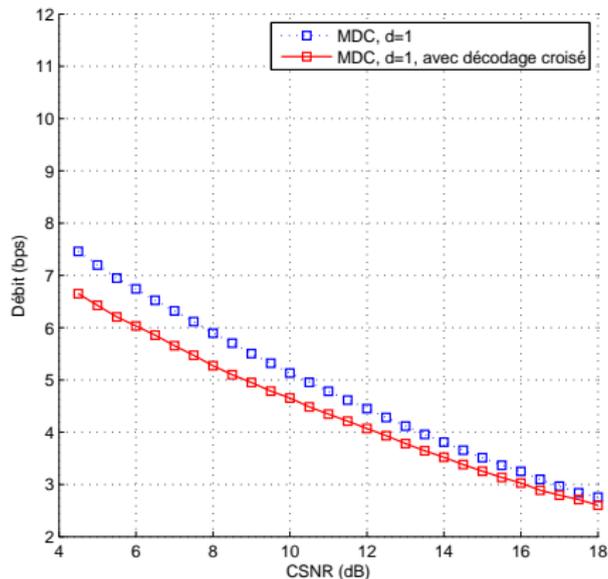
Résultats décodage croisé

Comparaison des débits obtenus avec et sans décodage croisé pour $d = 0$



Résultats décodage croisé

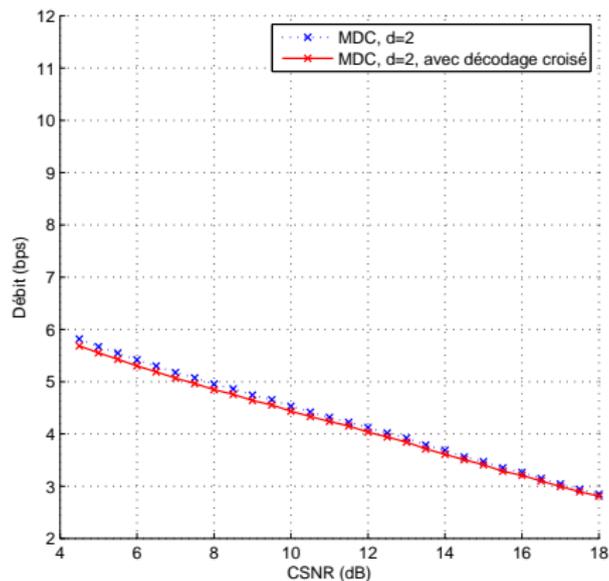
Comparaison des débits obtenus avec et sans décodage croisé pour $d = 1$



↪ Diminution de la réduction du débit lorsque le CSNR augmente

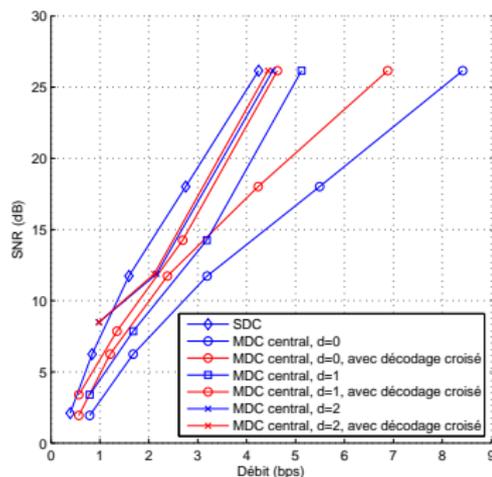
Résultats décodage croisé

Comparaison des débits obtenus avec et sans décodage croisé pour $d = 2$

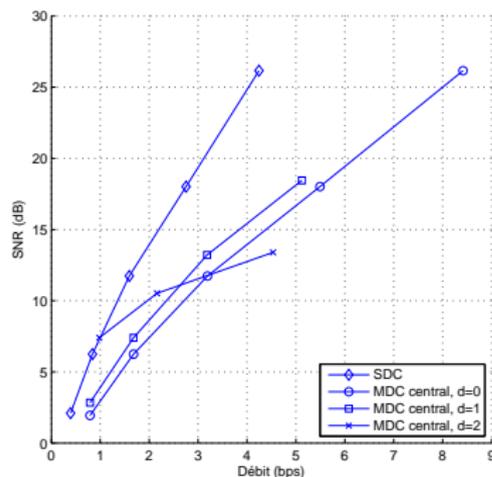


Résultats décodage croisé

- Comparaison des performances débit-distorsion des schémas SDC et MDC pour un CSNR=10 dB



Décodeur central



Décodeurs latéraux

Chaque point sur une courbe correspond à un nombre différent de plans de bits parfaitement décodés.

- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples

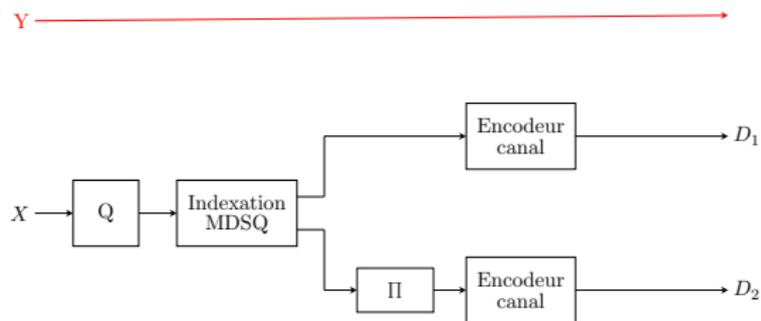
- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire

- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente

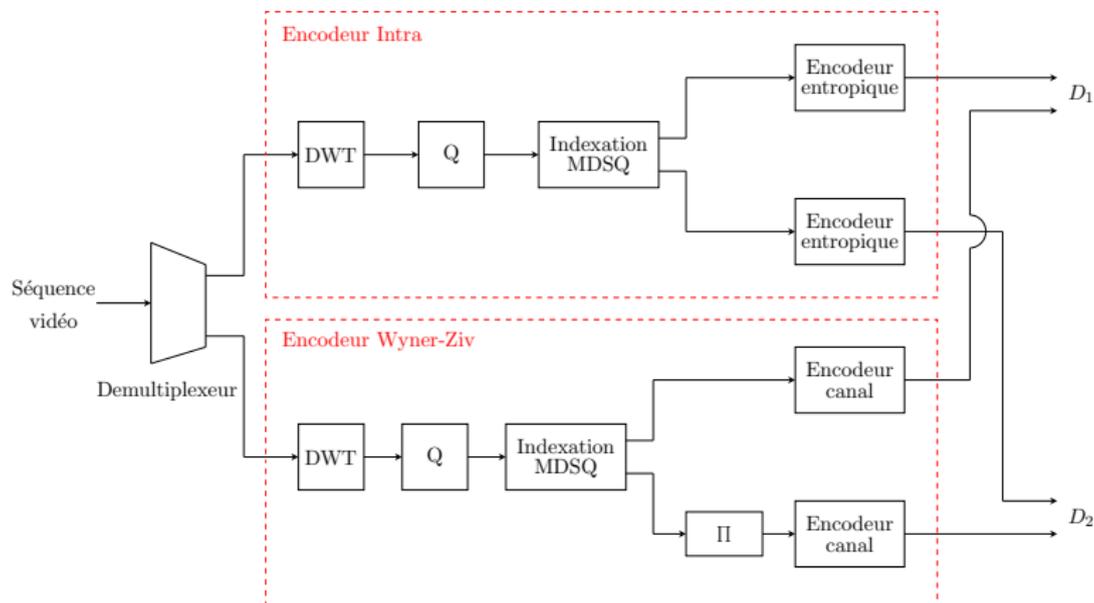
- 4 Codage vidéo distribué robuste

- 5 Conclusion et perspectives

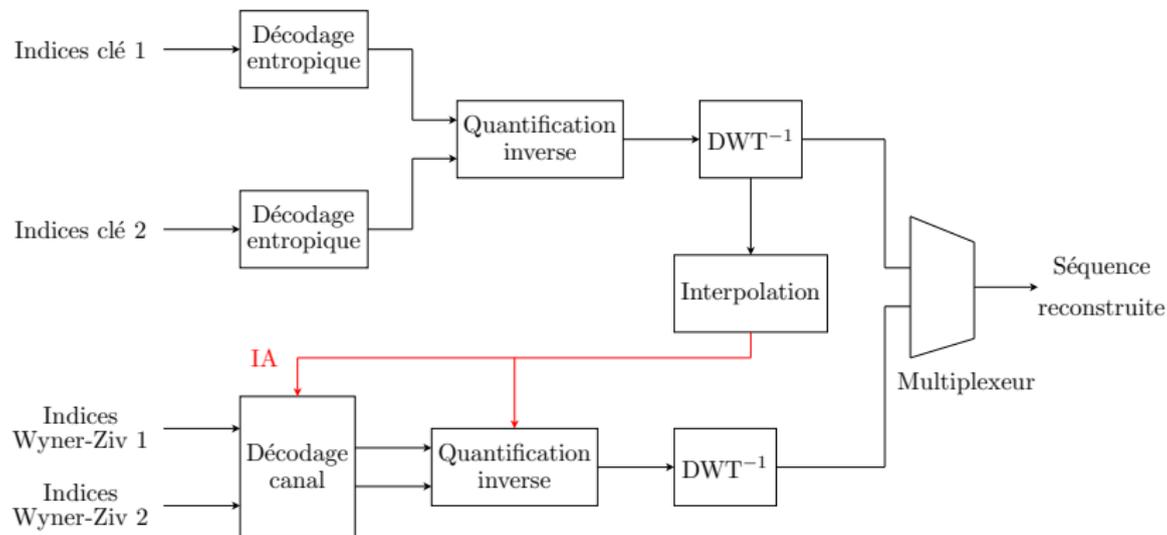
- MDSQ avec information adjacente



■ Encodeur

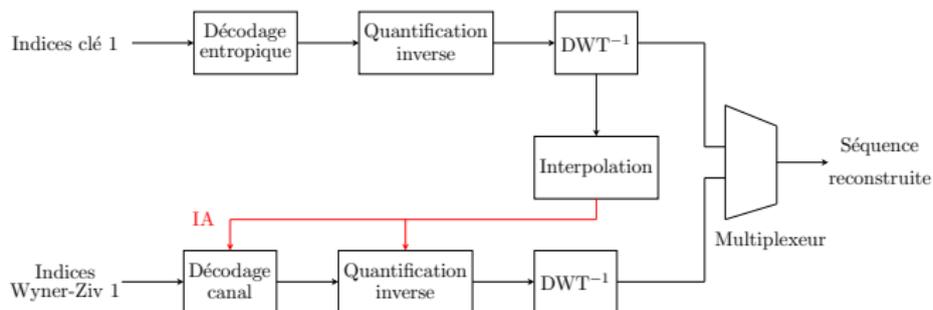


■ Décodeur central

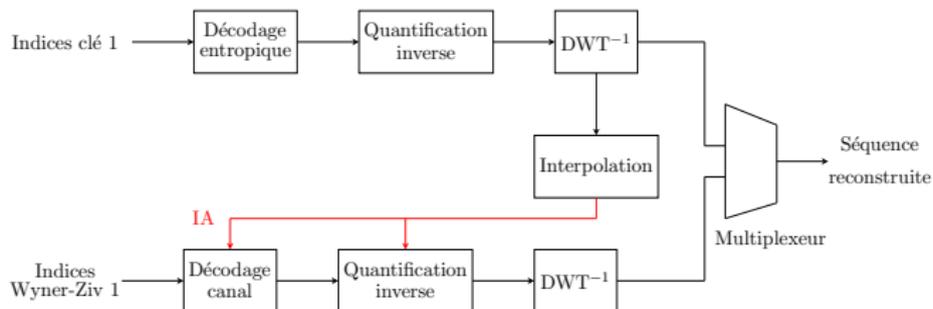


↪ Décodage croisé des descriptions

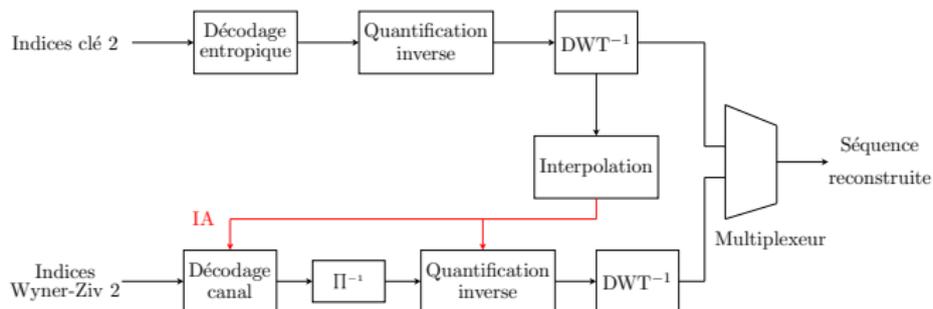
■ Décodeur latéral 1



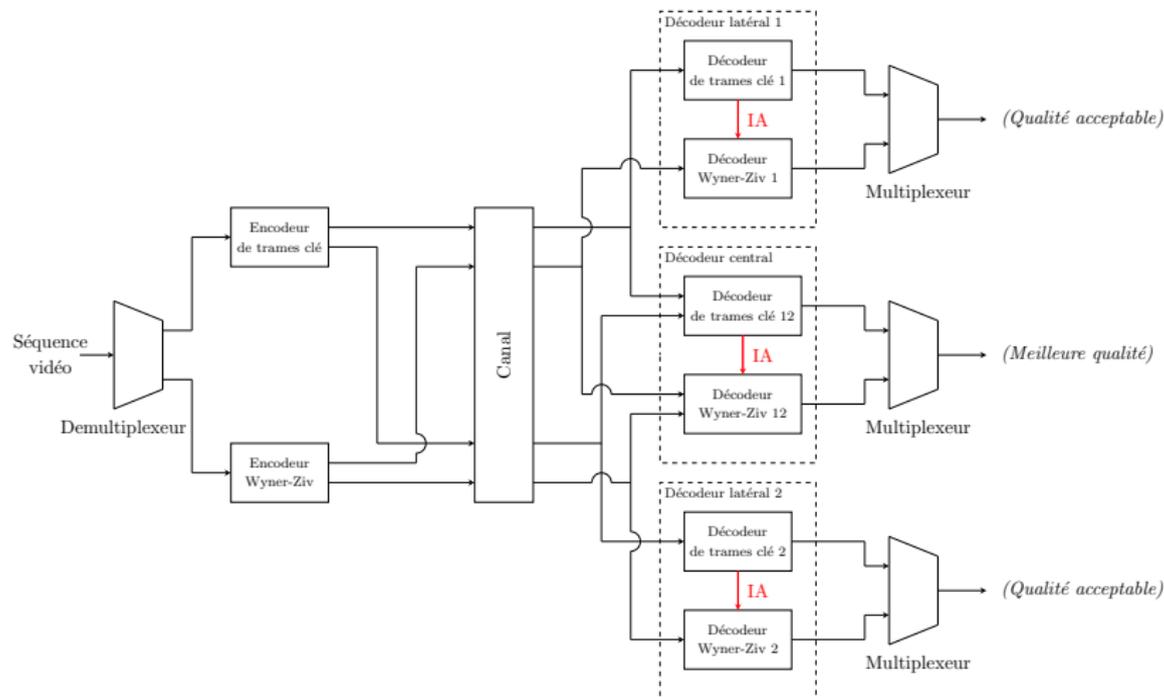
■ Décodeur latéral 1



■ Décodeur latéral 2



Codage vidéo distribué robuste



Descriptions équilibrées contenant des trames clé et des trames WZ

Quantification inverse optimale où le bruit U a une distribution laplacienne ayant comme pdf p_U :

$$\hat{x}_{opt} = E[x|x \in \bigcup_{k=1}^K [z_i^k, z_{i+1}^k), y] = \frac{\sum_{k=1}^K g(k)}{\sum_{k=1}^K h(k)}$$

où K , le nombre d'intervalles de quantification, dépend du nombre de descriptions reçues,

$$g(k) = \begin{cases} \left(\frac{1}{\alpha} + z_i^k\right) e^{\alpha(y-z_i^k)} - \left(\frac{1}{\alpha} + z_{i+1}^k\right) e^{\alpha(y-z_{i+1}^k)} & \text{si } y < z_i^k, \\ \left(\frac{1}{\alpha} - z_i^k\right) e^{-\alpha(y-z_i^k)} - \left(\frac{1}{\alpha} + z_{i+1}^k\right) e^{-\alpha(z_{i+1}^k-y)} + 2y & \text{si } y \in [z_i^k, z_{i+1}^k), \\ \left(\frac{1}{\alpha} - z_i^k\right) e^{\alpha(z_i^k-y)} - \left(\frac{1}{\alpha} - z_{i+1}^k\right) e^{\alpha(z_{i+1}^k-y)} & \text{si } y \geq z_{i+1}^k \end{cases}$$

et

$$h(k) = \begin{cases} e^{\alpha(y-z_i^k)} - e^{\alpha(y-z_{i+1}^k)} & \text{si } y < z_i^k, \\ 2 - e^{-\alpha(y-z_i^k)} - e^{-\alpha(z_{i+1}^k-y)} & \text{si } y \in [z_i^k, z_{i+1}^k), \\ e^{\alpha(z_{i+1}^k-y)} - e^{\alpha(z_i^k-y)} & \text{si } y \geq z_{i+1}^k. \end{cases}$$

Exemple vidéo



SDC / PSNR = 37.1 dB, bitrate = 420.4 kbs



MDC central / PSNR = 34.17 dB, bitrate = 412.6 kbs



SDC (1/2) / PSNR = 32.9 dB, bitrate = 210.2 kbs



MDC latéral 2 / PSNR = 32.1 dB, bitrate = 191 kbs

- 1 Cadre de travail
 - Codage vidéo robuste
 - Codage par descriptions multiples

- 2 Codage vidéo par descriptions multiples protégé par un flux auxiliaire
 - Schémas MDC temporel
 - MDC avec flux auxiliaire

- 3 Codage par descriptions multiples avec information adjacente
 - Principe
 - MDSQ avec information adjacente commune
 - Décodage croisé de descriptions multiples avec information adjacente

- 4 Codage vidéo distribué robuste

- 5 Conclusion et perspectives

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↪ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↔ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↔ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF
- 4 Exploitation de l'information WZ au décodeur central

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↪ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↪ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF
- 4 Exploitation de l'information WZ au décodeur central
 - ↪ MDSQ avec information adjacente

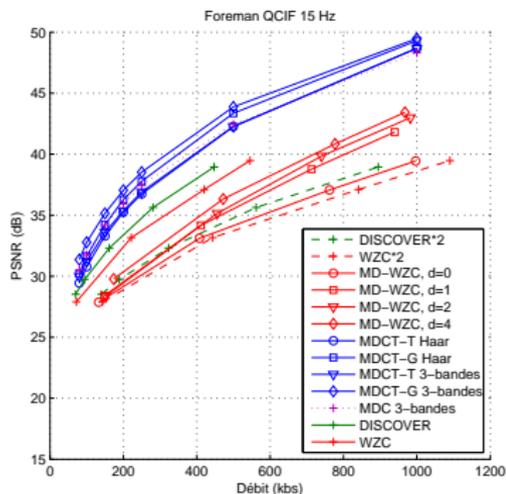
- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↔ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF
- 4 Exploitation de l'information WZ au décodeur central
 - ↔ MDSQ avec information adjacente
- 5 Exploitation de la corrélation entre les descriptions

- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↔ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF
- 4 Exploitation de l'information WZ au décodeur central
 - ↔ MDSQ avec information adjacente
- 5 Exploitation de la corrélation entre les descriptions
 - ↔ Décodage turbo de descriptions avec information adjacente

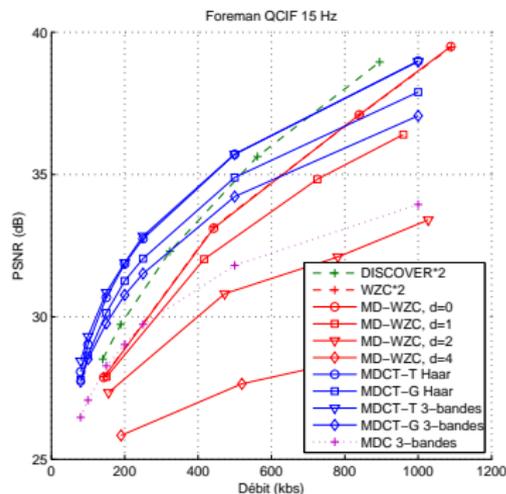
- 1 4 nouveaux schémas de codage par descriptions multiples dans le domaine temporel
- 2 Diminution de l'effet de drift
 - ↔ Ajout d'un flux auxiliaire codé en WZ
- 3 Réduction de la redondance WZ
 - ↔ MCTF sur les trames WZ et codage des sous-bandes de BF
- 4 Exploitation de l'information WZ au décodeur central
 - ↔ MDSQ avec information adjacente
- 5 Exploitation de la corrélation entre les descriptions
 - ↔ Décodage turbo de descriptions avec information adjacente
- 6 Validation de la MDSQ avec information adjacente dans un codeur vidéo

Comparaison globale

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



Décodeur central

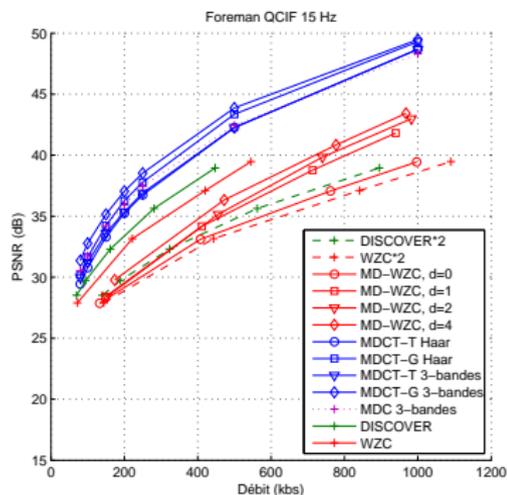


Décodeurs latéraux

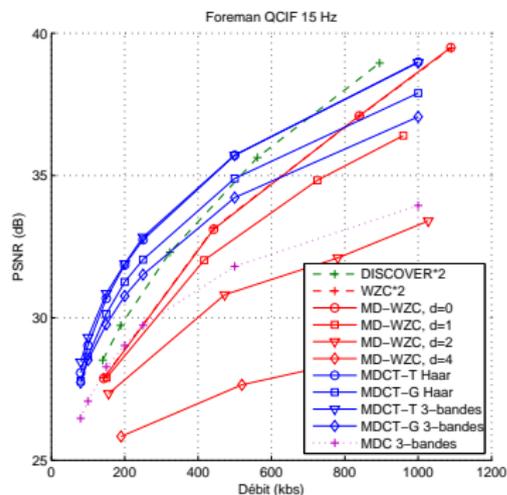
■ Schémas MCTF plus performant aux décodeurs central et latéraux

Comparaison globale

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



Décodeur central

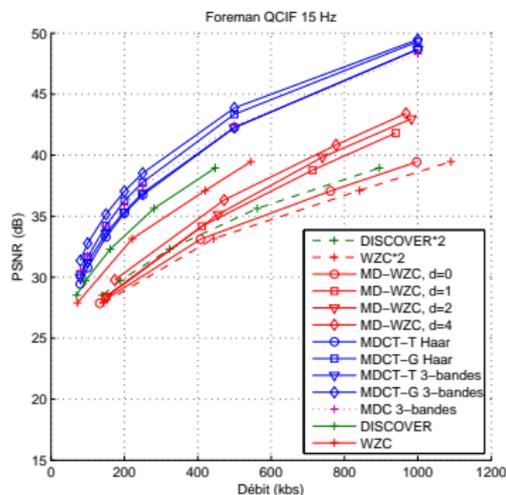


Décodeurs latéraux

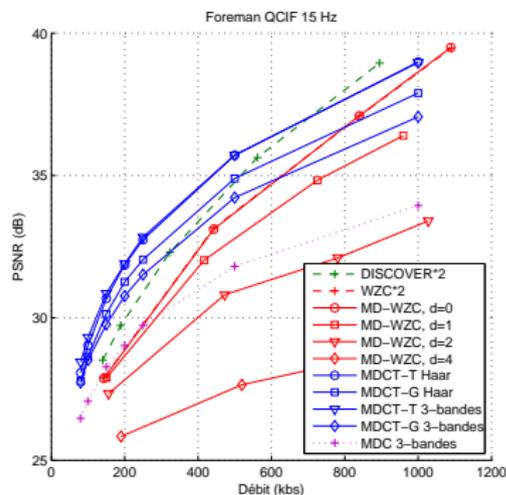
- Schémas MCTF plus performant aux décodeurs central et latéraux
- Stabilité du PSNR assurée aux décodeurs latéraux des schémas DVC

Comparaison globale

■ Foreman, QCIF, 15 Hz



Décodeur central



Décodeurs latéraux

- Schémas MCTF plus performant aux décodeurs central et latéraux
- Stabilité du PSNR assurée aux décodeurs latéraux des schémas DVC
- Différence de complexité

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :
 - Performance RD des schémas MCTF

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :
 - Performance RD des schémas MCTF
 - Exploitation systématique de l'information WZ

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :
 - Performance RD des schémas MCTF
 - Exploitation systématique de l'information WZ
 - Stabilité de la qualité en latéral

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :
 - Performance RD des schémas MCTF
 - Exploitation systématique de l'information WZ
 - Stabilité de la qualité en latéral
- ↪ Solution basée sur la MDSQ avec IA dans des codeurs hybrides

- Construction d'un schéma combinant les avantages des deux techniques :
 - Performance RD des schémas MCTF
 - Exploitation systématique de l'information WZ
 - Stabilité de la qualité en latéral
- ↔ Solution basée sur la MDSQ avec IA dans des codeurs hybrides
- Tests dans un environnement bruité et comparaison avec un codeur conventionnel protégé par FEC (Codes de Reed-Solomon, ...)

MERCI DE VOTRE ATTENTION

QUESTIONS?

■ Influence de la MDSQ sur EBCOT

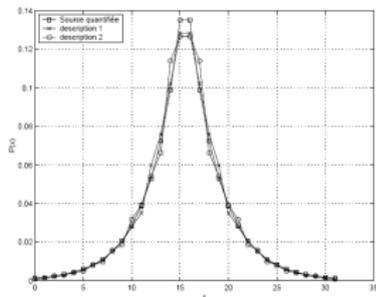


FIG. 2.10 – Comparaison des distributions issues des quantifications scalaire et MDUSQ (diagonale $d = 2$, $M_I = M_J = 32$) d'une distribution laplacienne de paramètre $\lambda = 1$.

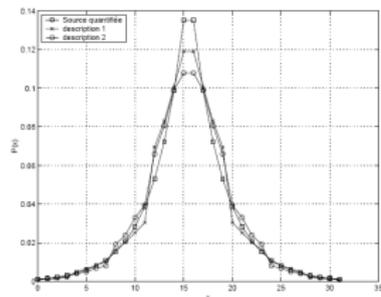


FIG. 2.11 – Comparaison des distributions issues des quantifications scalaire et MDUSQ (diagonale $d = 4$, $M_I = M_J = 32$) d'une distribution laplacienne de paramètre $\lambda = 1$.

- Schéma MDC 3-bandes

■ Schéma MDC 3-bandes

■ 1 niveau de décomposition :

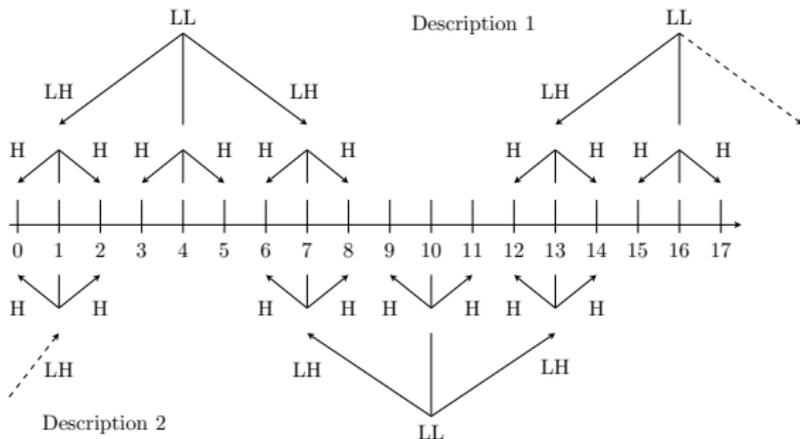
Séquence d'origine	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Description 1	h_1^{1-}	l_1^1	h_1^{1+}		h_3^{1-}	l_3^1	h_3^{1+}		
Description 2			h_2^{2-}	l_2^2	h_2^{2+}		h_4^{2-}	l_4^2	h_4^{2+}

■ Schéma MDC 3-bandes

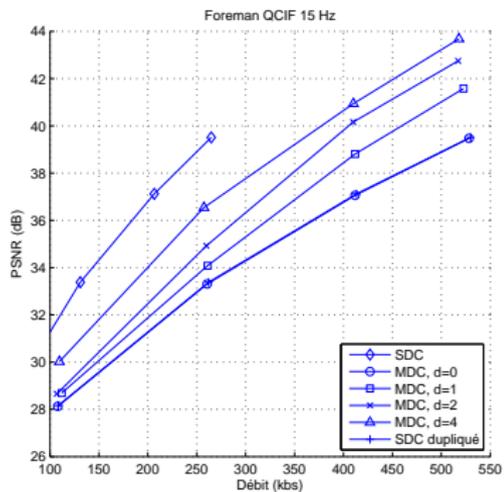
■ 1 niveau de décomposition :

Séquence d'origine	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Description 1	h_1^{1-}	l_1^1	h_1^{1+}		h_3^{1-}	l_3^1	h_3^{1+}		
Description 2			h_2^{2-}	l_2^2	h_2^{2+}		h_4^{2-}	l_4^2	h_4^{2+}

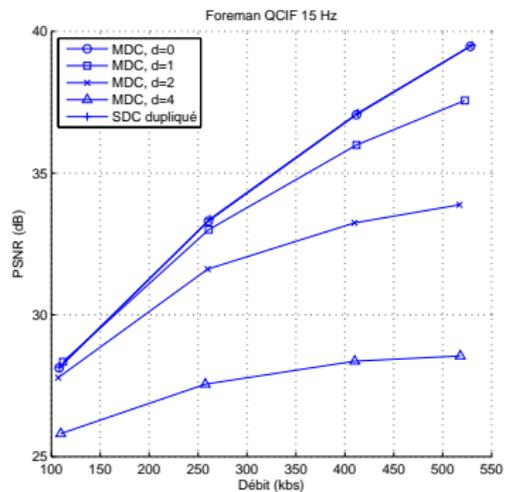
■ 2 niveaux de décomposition :



■ Résultats codage vidéo distribué robuste

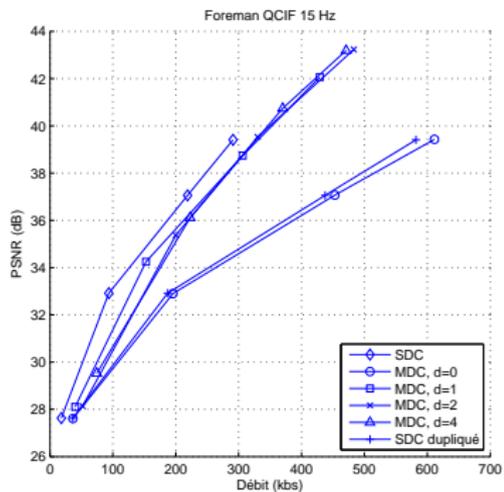


Trames clé - Décodeur central

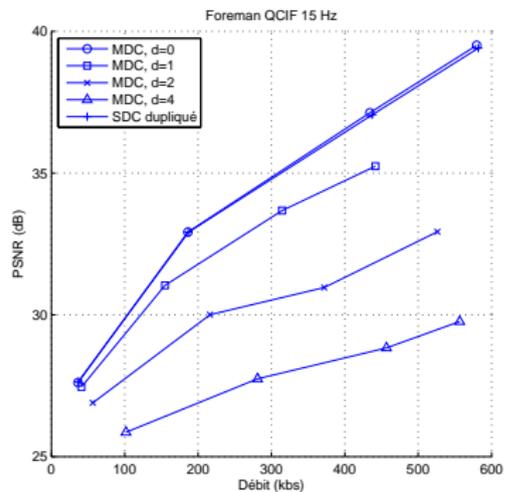


Trames clé - Décodeurs latéraux

■ Résultats codage vidéo distribué robuste

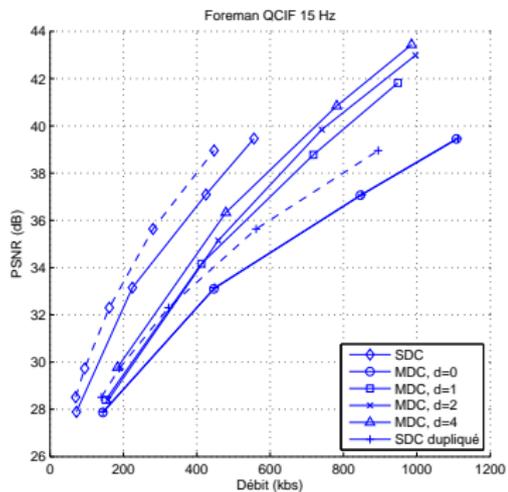


Trames WZ - Décodeur central

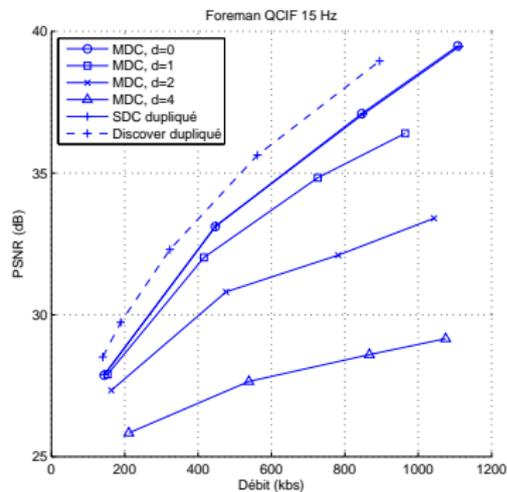


Trames WZ - Décodeurs latéraux

■ Résultats codage vidéo distribué robuste

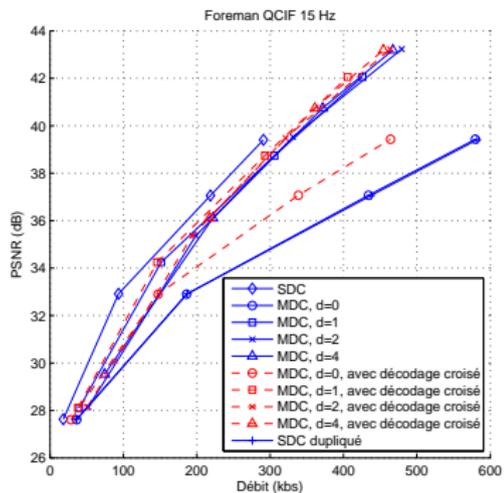


Décodeur central

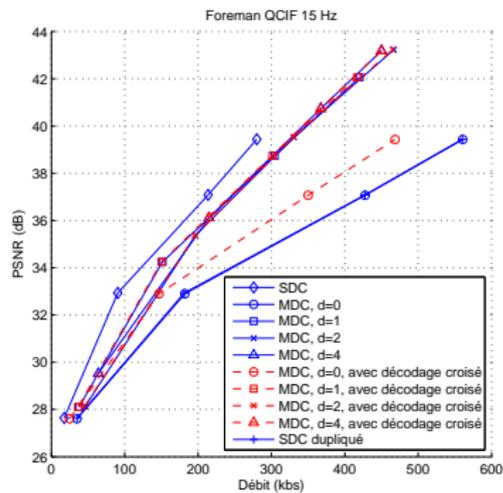


Décodeurs latéraux

■ Résultats codage vidéo distribué robuste avec décodage croisé

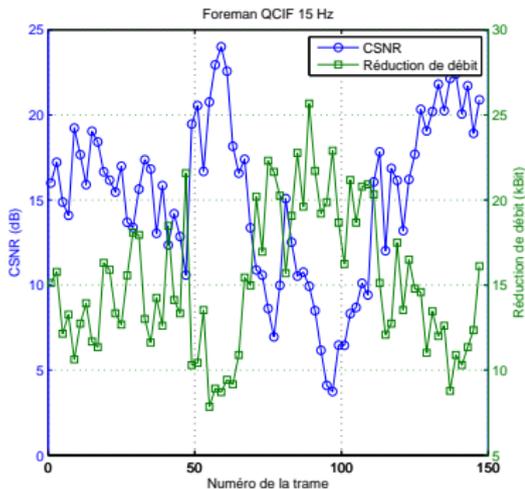


Trames WZ - Turbo codes

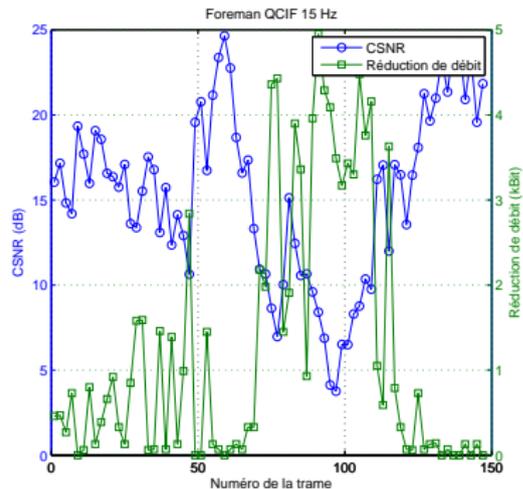


Trames WZ - Codes LDPC

- Réduction de débit obtenue grâce au décodage croisé au décodeur central (532 kbs pour les trames clé)



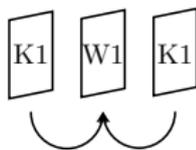
$d = 0$



$d = 1$

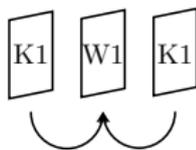
- Schémas MCTF

- Schémas MCTF
 - Décodeur latéral 1

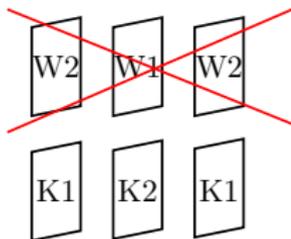


- Schémas MCTF

- Décodeur latéral 1

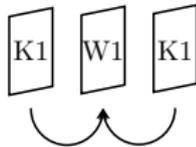


- Décodeur central

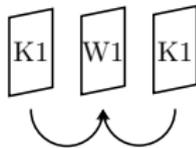


- Schéma DVC robuste

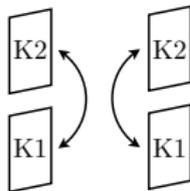
- Schéma DVC robuste
 - Décodeur latéral 1



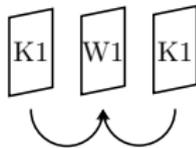
- Schéma DVC robuste
 - Décodeur latéral 1



- Décodeur central



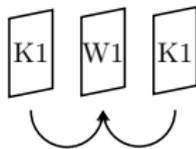
- Schéma DVC robuste
 - Décodeur latéral 1



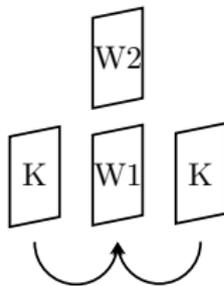
- Décodeur central



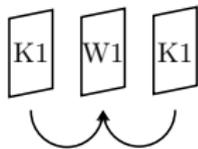
- Schéma DVC robuste
 - Décodeur latéral 1



- Décodeur central



- Schéma DVC robuste
 - Décodeur latéral 1



- Décodeur central

