

Damien LUCAS (2008)

Electif S3

ECP – 1er Décembre 2008

Codage MPEG

Damien LUCAS
damien.lucas@anevia.com

Damien LUCAS (2008)

Technologies video

- 1 - Aperçu des différentes technologies
- 2 - Concepts de base du MPEG
- 3 - Encodage "es" du MPEG
- 4 - Encodage "transport" du MPEG
- 5 - Réseaux de transport du MPEG

Damien LUCAS (2008)

1ère partie - Aperçu des différentes technologies

Damien LUCAS (2008)

Aperçu des technologies video

- Il faut différencier:
 - l'encapsulation - permet le stockage de pistes audio et video dans un même flux ou fichier
 - les codecs - manière de compresser et coder l'audio et la video

Damien LUCAS (2008)

Encapsulations

- Mpeg:
 - PS - utilisée sur les DVD, les .mpg, ...
 - TS - utilisée sur le satellite, la TNT, ...
 - mp4 - fichiers .mp4
 - mp3 - fichiers .mp3
- Windows Media:
 - wma/wmv pour le stockage
 - asf/asx pour le streaming
 - avi
- Real Media
 - .rm pour le stockage et pour le streaming

Damien LUCAS (2008)

Codecs Video

- Windows Media
 - WM1, WM2, WM9
- Real Media
 - RA, RV
- Mpeg
 - mpeg1, mpeg2
 - mpeg4-1 (iso, asp), mpeg4-10 (h264, avc)
- Autres:
 - mjpeg, divX

Damien LUCAS (2008)

Codecs audio

- Standards Mpeg:
 - layer 1, 2 et 3 (mp3)
 - AAC (mpeg4 audio)
- Haute qualité:
 - Dolby AC3
 - DTS
- Fermés:
 - Quicktime (QDM1 / QDM2)
 - Real Media (RA)
 - Windows Media (WMA1 / WMA2)

Damien LUCAS (2008)

Codecs

- Il existe d'autres codecs:
- Codage des sous-titres:
 - dvdspu sur les dvd
 - dvbsub sur le satellite et le cable
- Codage d'application associées
 - java & mhp
 - ...
- ...

Damien LUCAS (2008)

Encapsulations

- n pistes encodées avec n codecs
- 1 format d'encapsulation
- Exemples:
 - **mpeg-layer3** dans **mp3**
 - **divX** + **mpeg-layer3** dans **avi**
 - **mpeg2** + **ac3** + **dvdspu** dans **dvd**

Damien LUCAS (2008)

2ème partie - Concepts de base

Damien LUCAS (2008)

Introduction - Principes de base

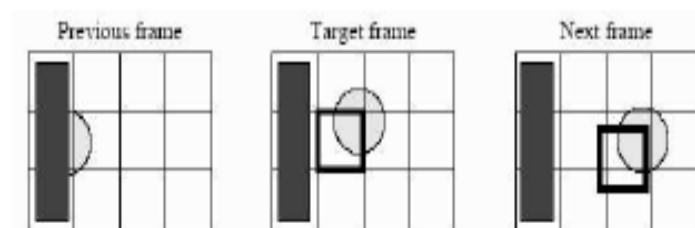
- 2 types d'encodage:
 - Encodage spatial:
 - Codage d'une image individuellement (cf JPEG)
 - Encodage temporel:
 - Codage d'une image dans une video
- 2 types de compressions:
 - Compression destructive
 - perte de données
 - dégradation de qualité
 - Compression non destructive
 - sans perte de données
 - sans perte de qualité

Damien LUCAS (2008)

1 - Types d'images

Pour pouvoir appliquer un codage temporel, on définit 3 types d'images:

- I = Intra
 - ✓ Codées entièrement (cf JPEG)
 - ✓ Doivent apparaitre régulièrement
 - ✓ Plus importantes en taille
- P = Predicted
 - ✓ Codées par rapport à l'image I précédente
- B = Bidirectionnal
 - ✓ Codées par rapport à l'image précédente et à l'image suivante
 - ✓ Compression la plus forte
 - ✓ Images les plus fréquentes

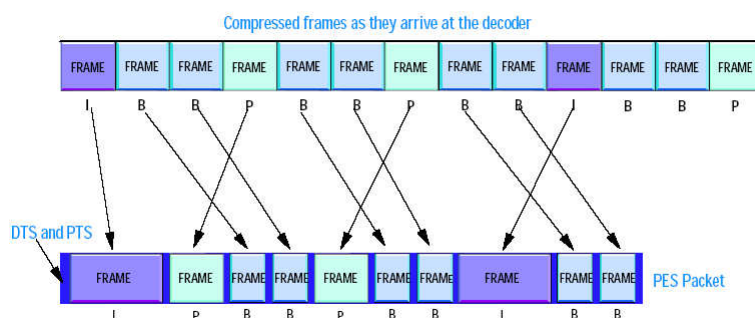


Damien LUCAS (2008)

2 - GOPS

Ces images I,B,P s'enchaînent:

- Il est nécessaire d'avoir des images I régulièrement
 - synchro streaming
 - temps de zapping
- Les images B sont les plus compressées
- Il faut avoir décodé l'image P suivante pour pouvoir décoder une B



Damien LUCAS (2008)

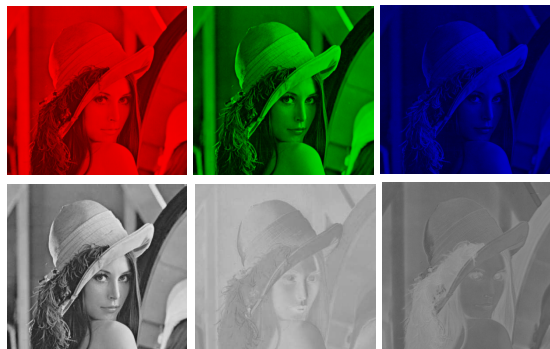
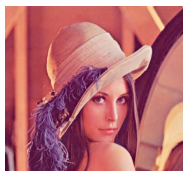
3 - RGB -> YUV

- L'oeil humain est plus sensible au noir et blanc qu'au couleur: “avec une photo noir et blanc, on a 70% de l'information”

- Nouvelle base: YUV:

$$\begin{aligned} Y &= 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B \\ U &= 0.60 R - 0.28 G - 0.32 B \\ V &= 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B \end{aligned}$$

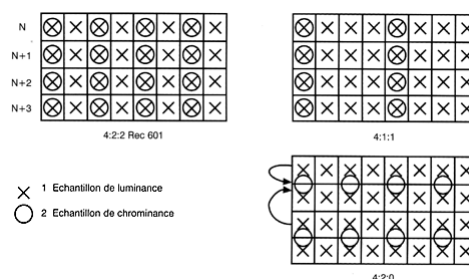
- Pas de compression
- Pas de perte de données



Damien LUCAS (2008)

4 - Codage de l'information YUV

- Y - Codé pour tous les pixels
- U et V - Codés un pixel sur n

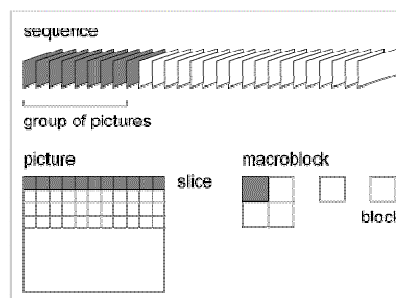


- en 4:2:0, compression destructive d'un facteur 2
 - avant: $8 \times 4 \times 3 = 96$
 - après: $8 \times 4 + 4 \times 2 + 4 \times 2 = 48$

Damien LUCAS (2008)

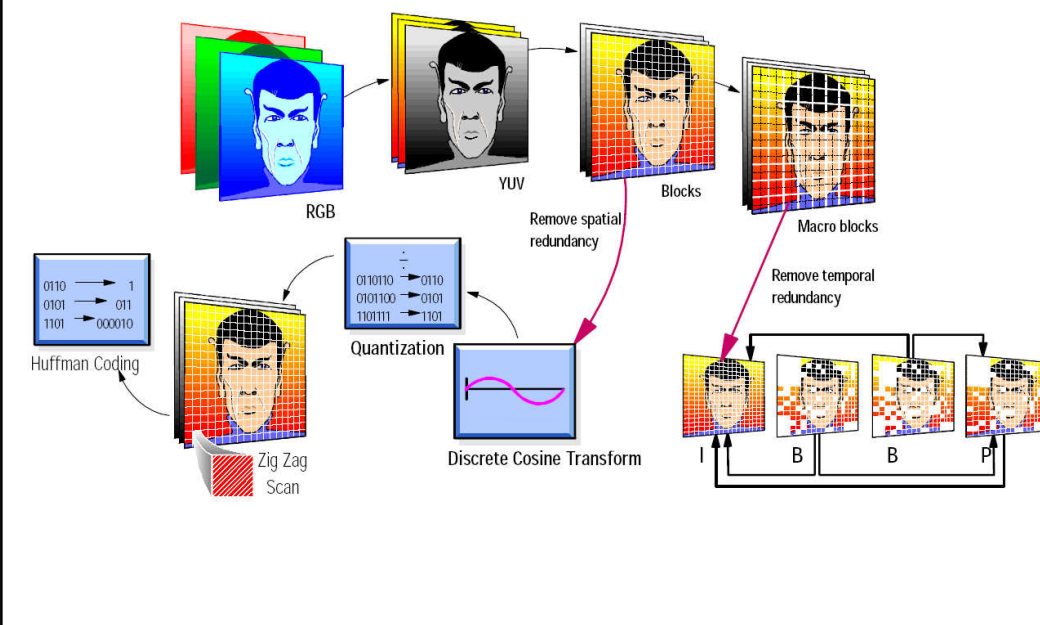
5 - Bloc, MB et slices

- Découpage de la video en élément de base:
 - GOP
 - Images
 - Frames (upfield, downfield) pour l'entrelacé
 - Slices (n MB)
 - macroblocs (4 B)
 - blocs (8x8 px)



Damien LUCAS (2008)

6. Schéma de codage



Damien LUCAS (2008)

7 - Intra: DCT

- Transformation dans l'espace des fréquences
- pas de compression
- pas de perte de données

$$F(u, v) = \frac{C_u}{2} \frac{C_v}{2} \sum_{y=0}^7 \sum_{x=0}^7 f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$

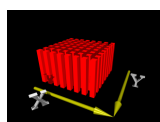
with:

$$C_u = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } u = 0, \\ 1 & \text{if } u > 0 \end{cases}; C_v = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } v = 0, \\ 1 & \text{if } v > 0 \end{cases}$$

```

700 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

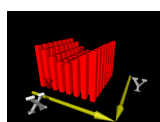


Un seul coeff DC

```

700100 100 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

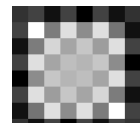
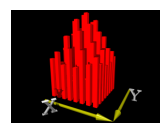


Deux basses fréquences dans les x

```

950 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 500

```

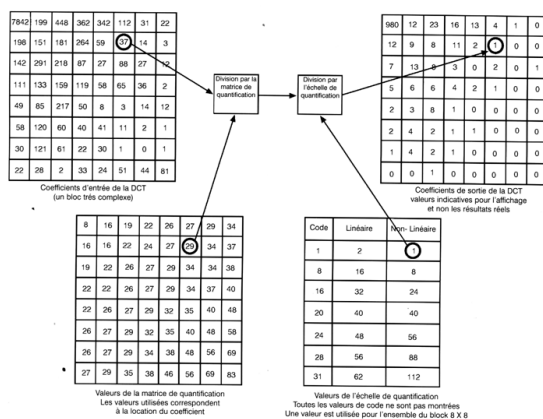


Une haute fréquence en x et y

Damien LUCAS (2008)

8 - Quantification

- Le résultat de la DCT est composé de fréquences.
- Les hautes fréquences sont les plus importantes.
- On applique une matrice de quantification
- Perte de données
- Pas de compression



Damien LUCAS (2008)

8 - Quantification - suite

- Illustration de différentes valeur de Q

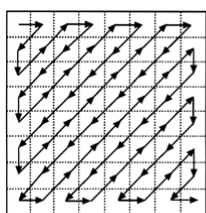


- Application: transrating

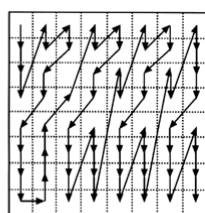
Damien LUCAS (2008)

9 - Scrutation

- De la représentation 2D, on passe en 1D
- L'algorithme de passage est défini dans la norme



a) Excursion en zig-zag ou classique



b) Excursion alternative

Damien LUCAS (2008)

10 - RLC

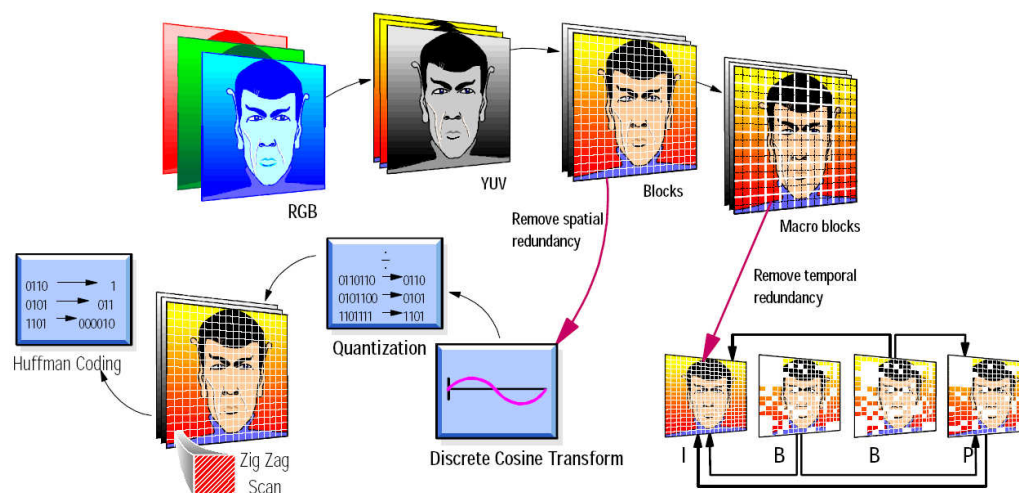
- La séquence obtenue comporte énormément de zéro.
- VLC= zigzaging + RLC + Huffman
- RLC: Run Length Coding
 - 4 0 0 0 0 23 0 0 0 12 0 0 0 0 0 0 0
 - (1,4) (4,0) (1,23) (3,0) (1,12) (7,0)

- Huffman:
 - utilisation de codewords
 - détermination statistique

code	num	Codeword
0		1
1		010
2		011
3		00100
4		00101
5		00110
6		00111
7		0001000
8		0001001
...		...

Damien LUCAS (2008)

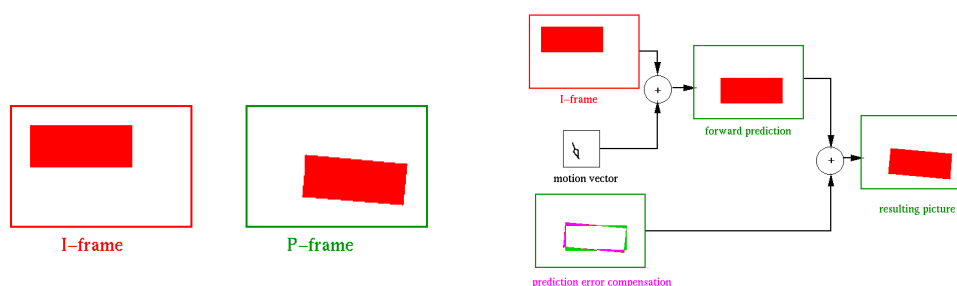
11. Schéma de codage (re)



Damien LUCAS (2008)

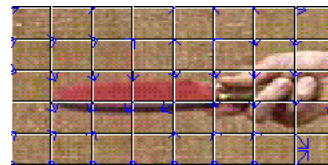
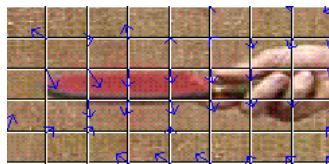
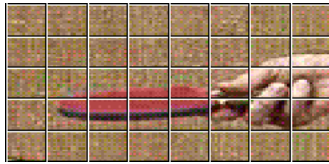
12. Motion estimation

- On cherche à retrouver à peu près la même forme dans une autre image
- On ne code que la différence à l'aide de:
 - un MV = motion vector
 - MB de différence
 - lui même encodé comme tout MB (DCT, Q2, VLC)



Damien LUCAS (2008)

12 - Motion estimation - exemple



Damien LUCAS (2008)

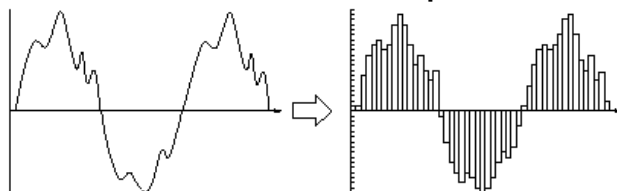
13 - Audio

- Très proche de la video:
 - Application d'un modèle psycho-acoustique
 - (Passage en fréquence)
 - Echantillonnage
 - Codage de la différence
 - Huffman
- Historiquement plus ancien
 - Nombreux codecs bien différents

Damien LUCAS (2008)

13 – Audio – Historique - Codage PCM

- C'est le codage le plus simple
- Echantillonnage dans le temps
- Oreille humaine: 20Hz -> 20kHz
- Nyquist: $2 \times 20\text{kHz} = 40\text{ kHz}$
- Utilisation: CD fréquence 44,1kHz (16b)
- Utilisation: RTC fréquence 8kHz (8b)



Damien LUCAS (2008)

13 – Audio – Historique - Codage DPCM

- Codage de la différence entre 2 échantillons
- Beaucoup de codages dérivés dont ADPCM (pas adaptif)
- Utilisation d'un codage de Huffman

Damien LUCAS (2008)

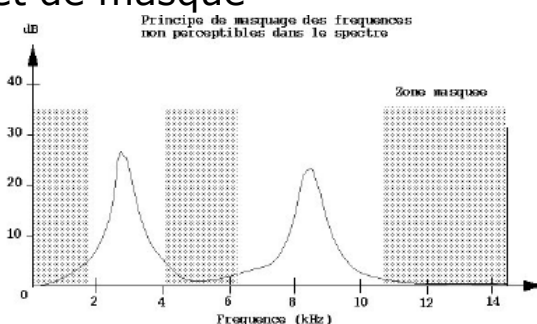
13 – Audio – Historique - Codage par synthèse

- Manipulation de blocs d'échantillons
- Modèle de construction d'échantillons statistiquement identiques.
- Synthèse à partir d'échantillons du modèle
- Utilisation: GSM

Damien LUCAS (2008)

15 – Audio – Principe du MP3

- Travail dans le domaine des fréquences
- Codage stereo par différence du mono
- Utilisation d'un modèle psychoacoustique:
 - Limitation des fréquences (15kHz)
 - Effet de masque



Damien LUCAS (2008)

3ème partie - Codage des Elementary Streams

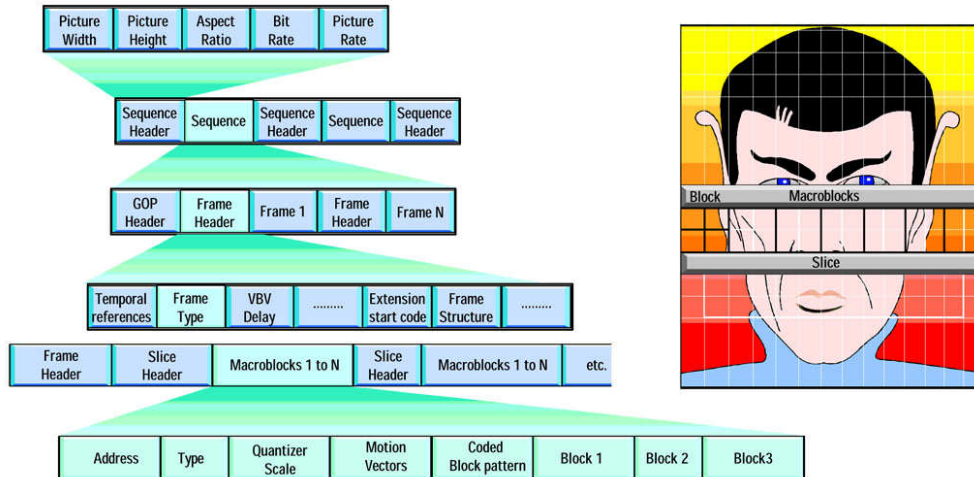
Damien LUCAS (2008)

Toutes les parties ensemble (1)

- Différents éléments à assembler:
Blocks, macroblocks, slices, frames
- En plus des datas d'image, un header est nécessaire pour reconstruire la séquence I, P, B
- Chaque slice doit contenir un header détaillant son contenu et sa position
- Les frames I, P, B sont assemblées en un GOP. Chaque GOP a un header.

Damien LUCAS (2008)

Toutes les parties ensemble (2)...



Damien LUCAS (2008)

La norme 1/2

Video Sequence

video_sequence()	No. of bits
next_start_code()	
sequence_header()	
if (nextbits() == extension_start_code) {	
sequence_extension()	
do {	
extension_and_user_data(0)	
do {	
if (nextbits() == group_start_code) {	
group_of_pictures_header()	
extension_and_user_data(1)	
}	
picture_header()	
picture_coding_extension()	
extensions_and_user_data(2)	
picture_data()	
} while ((nextbits() == picture_start_code)	
(nextbits() == group_start_code))	
if (nextbits() != sequence_end_code) {	
sequence_header()	
sequence_extension()	
}	
} while (nextbits() != sequence_end_code)	
} else {	
/* ISO/IEC 11172-2 */	
}	
sequence_end_code	32
}	

Table 6-1 — Start code values

name	start code value 00 00 01 XX
picture_start_code	00
slice_start_code	01 through AF
reserved	B0
reserved	B1
user_data_start_code	B2
sequence_header_code	B3
sequence_error_code	B4
extension_start_code	B5
reserved	B6
sequence_end_code	B7
group_start_code	B8
system start codes (see note)	B9 through FF

Damien LUCAS (2008)

La norme 2/2 : autres exemples

Sequence header

sequence_header() {	No. of bits	Mnemonic
sequence_header_code	32	bslbf
horizontal_size_value	12	uimsbf
vertical_size_value	12	uimsbf
aspect_ratio_information	4	uimsbf
frame_rate_code	4	uimsbf
bit_rate_value	18	uimsbf
marker_bit	1	bslbf
vbv_buffer_size_value	10	uimsbf
constrained_parameters_flag	1	bslbf
load_intra_quantiser_matrix	1	uimsbf
if (load_intra_quantiser_matrix)		
intra_quantiser_matrix[64]	8*64	uimsbf
load_non_intra_quantiser_matrix	1	uimsbf
if (load_non_intra_quantiser_matrix)		
non_intra_quantiser_matrix[64]	8*64	uimsbf
next_start_code()		
}		

Group of pictures header

group_of_pictures_header() {	No. of bits	Mnemonic
group_start_code	32	bslbf
time_code	25	bslbf
closed_gop	1	uimsbf
broken_link	1	uimsbf
next_start_code()		
}		

Damien LUCAS (2008)

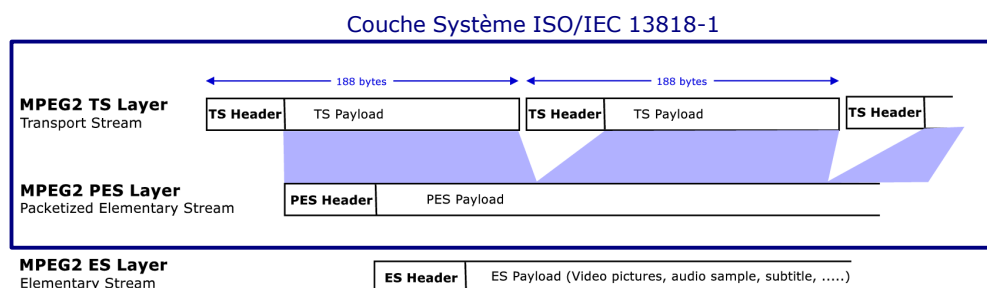
Conclusion ISO/IEC 13818-2 (ES)

- Nous arrivons à un flot d'octets représentant les différentes images.
- Questions:
 - Comment stocker cela ?
 - Comment streamer cela (par exemple, dans des packets UDP) ?
 - Comment gérer la perte de données et la correction d'erreurs ?
 - Comment associer plusieurs pistes audio et vidéo ensemble dans un même flux ou fichier ?
 - Comment retrouver des informations de dates (timestamps), notamment pour le streaming ?

Réponse : couche MPEG2 system (ISO/IEC 13818-1)

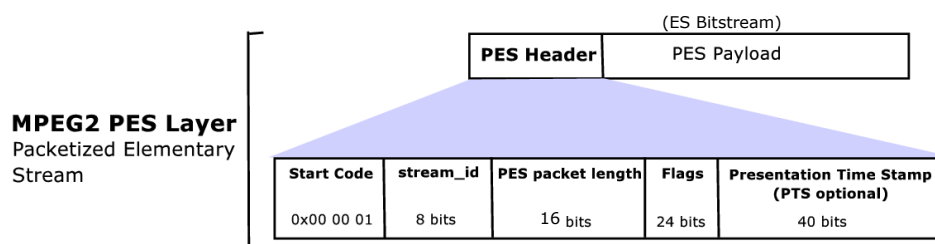
Damien LUCAS (2008)

Encapsulation de l'ES



Damien LUCAS (2008)

Couche PES



Le PES (Packetized Elementary Stream) permet de :

- Découper l'ES en paquets, dont la taille peut atteindre quelques dizaines de koctets (moins de 65500 octets)
- Isoler chaque ES
- Identification d'erreurs (CRC32)
- Informations de date : timestamps PTS et DTS

Damien LUCAS (2008)

Couche PES dans la norme

Syntax	No. of Bits
PES_packet() {	
packet_start_code_prefix (0x 00 00 01 00)	24
stream_id	8
PES_packet_length	16
if(stream_id != program_stream_map	
(...)	
'10'	2
PES_scrambling_control	2
PES_priority	1
(...)	
PTS_DTS_flags	2
(...)	
PES_CRC_flag	1
PES_extension_flag	1
PES_header_data_length	8
if (PTS_DTS_flags == '10') {	
'0010'	4
PTS [32..30]	3
marker_bit	1
PTS [29..15]	15
marker_bit	1
PTS [14..0]	15
marker_bit	1
}	
if (PTS_DTS_flags == '11') {	
'0011'	4
PTS [32..30]	3
marker_bit	1
PTS [29..15]	15
marker_bit	1
PTS [14..0]	15
marker_bit	1
DTS [32..30]	3
marker_bit	1
DTS [29..15]	15
marker_bit	1
DTS [14..0]	15
marker_bit	1
}	

```

(...)
for (i=0;i<N1;i++) {
    stuffing_byte      8
}
for (i=0;i<N2;i++) {
    PES_packet_data_byte  8
}
}
else (...)

```

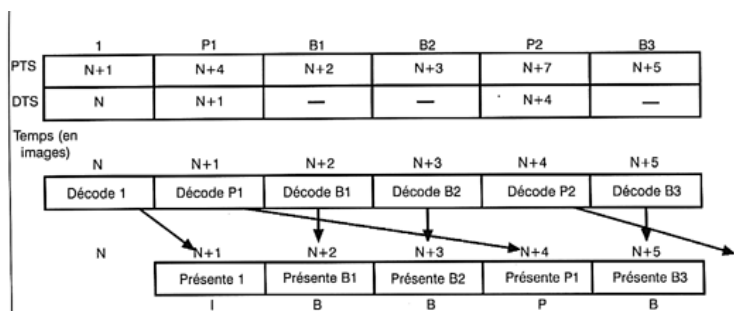
stream_id	Note	stream coding
1011 1100	1	program_stream_map
1011 1101	2	private_stream_1
1011 1110		padding_stream
1011 1111	3	private_stream_2
110x xxxx		ISO/IEC 13818-3 or ISO/IEC 11172-3 audio stream number x xxxx
1110 xxxx		ITU-T Rec. H.262 or ISO/IEC 13818-2 or ISO/IEC 11172-2 video stream number xxxx
1111 0000	3	ECM_stream
1111 0001	3	EMM_stream
1111 0010	5	ITU-T Rec. H.222.0 or ISO/IEC 13818-1 Annex A or ISO/IEC 13818-6 DSMCC_stream
1111 0011	2	ISO/IEC_13522_stream
1111 0100	6	ITU-T Rec. H.222.1 type A
1111 0101	6	ITU-T Rec. H.222.1 type B
1111 0110	6	ITU-T Rec. H.222.1 type C
1111 0111	6	ITU-T Rec. H.222.1 type D
1111 1000	6	ITU-T Rec. H.222.1 type E
1111 1001	7	ancillary_stream
1111 1010 to 1111 1110		reserved data stream
1111 1111	4	program_stream_directory

Damien LUCAS (2008)

Timestamps dans le PES

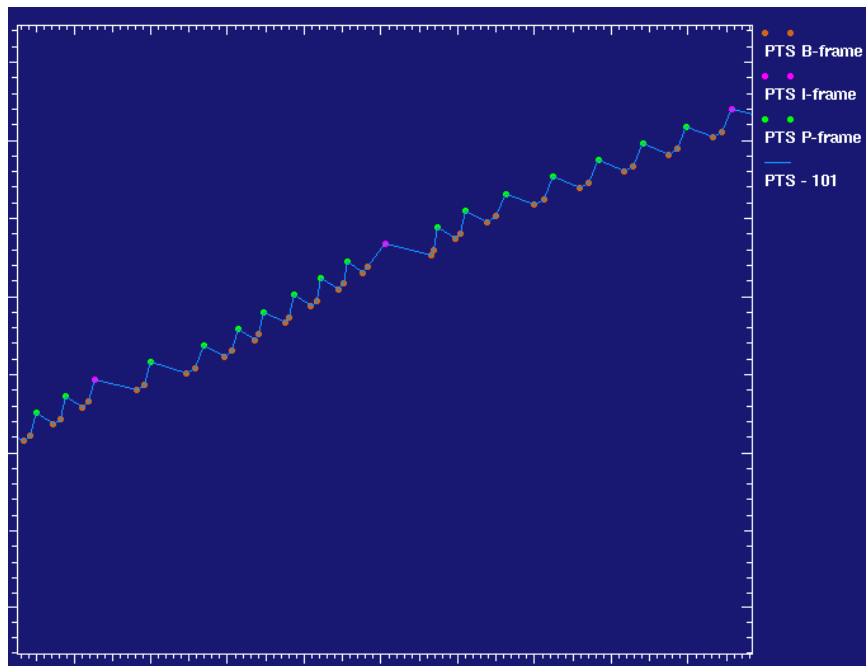
On suppose qu'il existe un temps de référence codé dans le flux...
Il sera dans une couche supérieure... par exemple le MPEG2-TS !

- PTS : Presentation TimeStamp. Date d'affichage de l'image par rapport au temps abso.
- DTS : Decoding TimeStamp. Date de décodage de l'image. Information utilisée par le décodeur, donné à titre indicative et par pour toutes les frames.
- Tout cela n'est pas forcément dans le même ordre !



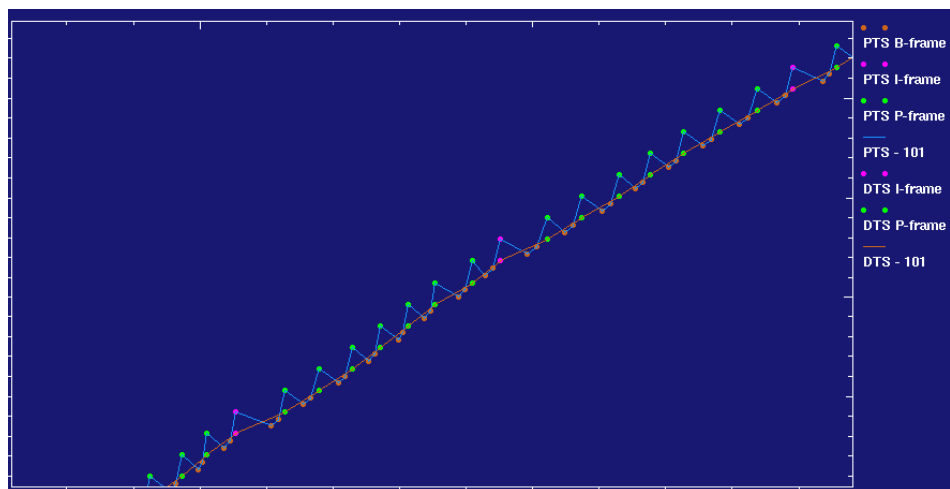
Damien LUCAS (2008)

PTS



Damien LUCAS (2008)

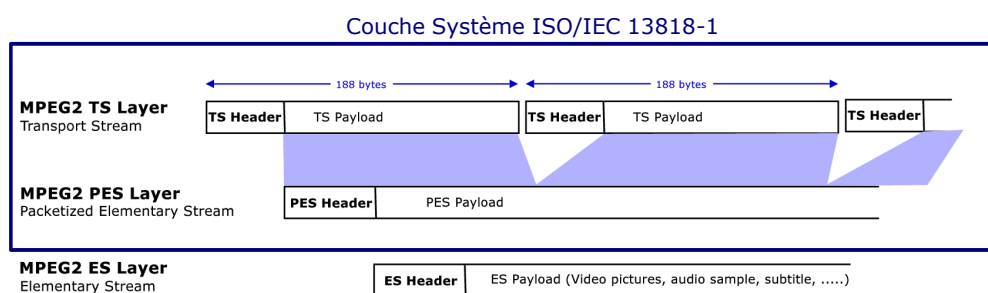
DTS



Damien LUCAS (2008)

Conclusion PES

Nous pouvons maintenant remonter une couche !
=> MPEG2-TS, MPEG2-PS



Damien LUCAS (2008)

4ème partie - Multiplexage

Damien LUCAS (2008)

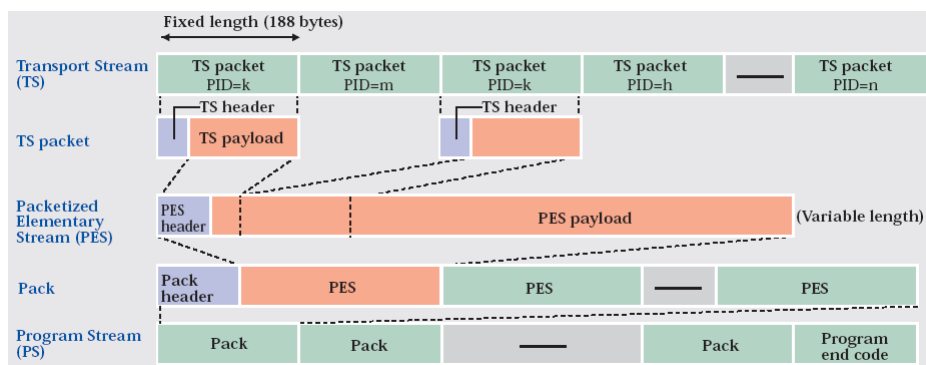
Mpeg-2 Systems

- Essentiellement 2 normes:
 - Program stream: *.mpg, *.ps, dvd
 - Transport stream: *.ts, *.trp, dvb
- Program stream
 - stockage
 - environnement sans erreurs
 - 1 seul programme par fichier
 - taille des paquets importante et variable
 - base de temps commune pour toutes les pistes audio, video, data

Damien LUCAS (2008)

Encapsulation d'une ES en PS et TS

- En TS: découpage en paquets de taille fixe (on privilégie le réseau)
- En PS: découpage en PES (on privilégie le décodeur)



Damien LUCAS (2008)

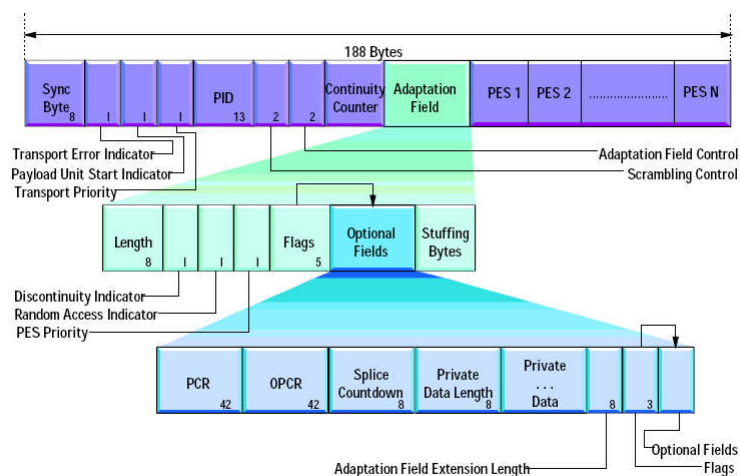
Mpeg2-TS principes de base

- On fait cohabiter dans un stream:
 - plusieurs programmes contenant:
 - n ES: n video, j audio, k video, l st, m data
 - 1 ES contenant le PCR
 - les informations associées aux programmes
 - les informations associées aux ES
- Multiplexage temporel des paquets
- Repérage grâce à un PID
- Exemple Euronews:
 - PID video = 163
 - PID audio fr = 92, en = 93
 - PID PCR = 163 (video)

Damien LUCAS (2008)

Le paquet TS

- Longueur fixe de 188 octets
- 13 bits pour un identifiant: le PID
- Un champ optionnel: 'adaptation field'



Damien LUCAS (2008)

Les tables SI

- 4 tables SI:
 - PMT: liste des ES dans un programme
 - PAT: liste des programmes:
 - CAT: (réservée pour le contrôle d'accès)
 - NIT: (réservée pour le réseau)
- Utilisation de descriptors pour coder les informations:
 - iso 639 language descriptor
 - video window descriptor
 - mpeg-4 IOD descriptor

Damien LUCAS (2008)

La PMT: Program map table

- pour chaque ES:
 - PID
 - type
 - infos associées
- Exemple Euronews:
 - PCR = 163
 - video, 163, pas d'info
 - audio, 92, fr
 - audio, 93, en
 - ...

Syntax
<pre> TS_program_map_section() { table_id section_syntax_indicator '0' reserved section_length program_number reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number reserved PCR_PID reserved program_info_length for (i = 0; i < N; i++) { descriptor() } for (i = 0; i < N1; i++) { stream_type reserved elementary_PID reserved ES_info_length for (i = 0; i < N2; i++) { descriptor() } } CRC_32 } </pre>

Damien LUCAS (2008)

PMT d'Euronews

TS header	PMT section	PCR PID	
47 45 03 10	00 02 b1 05 1f 44 d5 00 00	e0 a3 f0	GE....±...DÖ...à£ð
03	fa 01 bf 02 e0 a3 f0 00	04 e0 5c f0 06 0a 04	.ú.¿.à£ð...à\ð...
66 72 61 00	04 e0 5d f0 06 0a 04 65 6e 67 00 04		fra..à]ð...eng..
e0 5e f0 06 0a 04 69 74 61 00 04 e0 5f f0 06 0a			à^ð...ita..à_ð..
04 73 70 61 00 04 e0 5b f0 06 0a 04 72 75 73 00			.spa..à[ð...rus.
04 e0 62 f0 06 0a 04 70 6f 72 00 04 e0 63 f0 06			.àbð...por..àcð.
0a 04 64 65 75 00 c0 e0 d0 f0 41 c6 05 04 00 01			..deu..ÀàÐðAÆ....
03 ff c2 38 50 49 4c 4f 54 45 31 00 50 49 4c 4f			.ÿÂ8PILOTE1.PILO
54 45 32 00 53 45 52 56 49 43 45 31 53 45 52 56			TE2.SERVICE1SERV
49 43 45 32 45 50 47 00 00 00 00 00 43 48 41 49			ICE2EPG.....CHAI
4e 45 00 00 53 45 53 5f 43 53 41 54 c0 e0 df f0			NE...SES_CSATÀàßð
0a c2 08 43 4f 4d 4d 55 4e 32 00 c1			.Â.COMMUN2.Á

Damien LUCAS (2008)

La PAT: programme association table

- pour chaque programme:

- SID du programme
- PID de la PMT

- Exemple tp A70:

- 8001 - 1280 (Seasons)
- ...
- 8004 - 1283 (Euronews)
- 8005 - 1284 (Paris 1ere)

Syntax
<pre> program_association_section() { table_id section_syntax_indicator '0' reserved section_length transport_stream_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number for (i = 0; i < N; i++) { program_number reserved if (program_number == '0') { network_PID } else { program_map_PID } } CRC_32 } </pre>

Damien LUCAS (2008)

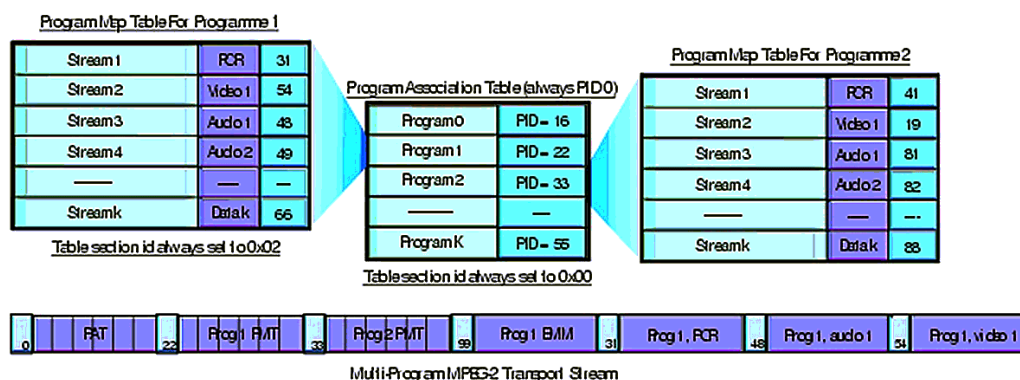
PAT d'Euronews

TS header	P. field	PAT section	programs
47 40 00 12	00	00 b0 41 04 2e e5 00 00	00 00 e0
10 1f 41 e5 00	1f	45 e5 04 1f a3 e4 ff 1f 4d e5	
0c 1f 4c e5 0b	1f	4a e5 09 1f 49 e5 08 1f 48 e5	
07 1f 47 e5 06	1f	46 e5 05 1f 44 e5 03 1f 43 e5	
02 1f 42 e5 01	CRC	ac 8a 0e 5c ff ff ff ff ff ff ff ff	
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			
ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff			

Damien LUCAS (2008)

Multiplexage des PATs et des PMTs

- Les SI doivent apparaître régulièrement dans le flux
- A partir de la PAT, on connait tous les PIDs
- La PID a le PID 0



Damien LUCAS (2008)

SI - Limitations

- Les informations sont limitées.
- Il manque:
 - le nom
 - la description des émissions
 - plein de pouics-pouics :-)
- Utilisation des PSI
- Définies par l'ETSI (et plus ISO/IEC)
 - ETSI 300-468 essentiellement

Damien LUCAS (2008)

Les tables PSI (DVB)

- Tables PSI:
 - SDT - Service Description Table
 - EIT - Event Information Table
 - TDT - Time Definition Table
 - TOT - Time Offset Table
 - ...
- Utilisation de 'private descriptors'
 - service_descriptor
 - extended event descriptor
 - content_descriptor

Damien LUCAS (2008)

La SDT - Service Description Table

- Toujours PID=0x11
- Deux types de tables:
 - renseignement sur le TS actuel (0x42)
 - renseignement sur les autres TS (0x46)
- Pour chaque service
 - Existences des EIT
 - Crypté ?
 - informations
- Permet de savoir:
 - sur quel TS est 'tf1'
 - le nom des chaînes sur le TS actuel

Syntax

```

service_description_section(){
  table_id
  section_syntax_indicator
  reserved_future_use
  reserved
  section_length
  transport_stream_id
  reserved
  version_number
  current_next_indicator
  section_number
  last_section_number
  original_network_id
  reserved_future_use
  for (i=0;i<N;i++){
    service_id
    reserved_future_use
    EIT_schedule_flag
    EIT_present_following_flag
    running_status
    free_CA_mode
    descriptors_loop_length
    for (j=0;j<Nj;j++){
      descriptor()
    }
  }
  CRC_32
}

```

Damien LUCAS (2008)

SDT d'Euronews

```

47 00 11 17 1a 66 72 65 16 4c 65 20 74 65 6d 70  G....fre.Le temp
73 20 74 6f 75 74 20 6c 65 20 74 65 6d 70 73 f8  s tout le tempsø
2a 01 28 64 74 76 2d 64 3a 2f 2f 6c 6f 67 6f 2e  *.(dtv-d://logo.
63 68 61 6e 6e 65 6c 3a 6c 61 5f 63 68 61 69 6e  channel:la_chain
65 5f 6d 65 74 65 6f 2e 70 6e 67 ed 25 24 64 74  e_meteo.pngí%$dt
76 2d 73 3a 2f 2f 63 61 6e 61 6c 70 6c 75 73 2e  v-s://canalplus.
66 72 2f 6c 61 5f 63 68 61 69 6e 65 5f 6d 65 74  fr/la_chaine_met
65 6f f9 01 bf 1f 49 ff 10 8c 48 0d 01 04 43 53  eoù.¿.Iÿ..H...CS
41 54 06 53 50 4f 52 54 2b 5f 04 00 00 00 c0 e4  AT.SPORT+_....Àä
27 66 72 65 23 50 6f 75 72 20 63 65 75 78 20 71  'fre#Pour ceux q
75 69 20 76 65 75 6c 65 6e 74 20 70 6c 75 73 20  ui veulent plus
64 65 20 73 70 6f 72 74 f8 26 01 24             de sportø&.$

```

Damien LUCAS (2008)

Les EITs - Event Information Table

- Deux types d'informations sur les émissions:

- pf = present/following
- s = schedule

- Concernant:

- soit le TS courant (actual)
- soit le TS suivant (other)

- Toutes sur le PID 0x12

- Différenciées par table_id

- 0x4e = actual pf
- 0x4f = other pf
- 0x5e = actual s
- 0x5f = other s

```

Syntax
event_information_section(){
    table_id
    section_syntax_indicator
    reserved_future_use
    reserved
    section_length
    service_id
    reserved
    version_number
    current_next_indicator
    section_number
    last_section_number
    transport_stream_id
    original_network_id
    segment_last_section_number
    last_table_id
    for(i=0;i<N;i++){
        event_id
        start_time
        duration
        running_status
        free_CA_mode
        descriptors_loop_length
        for(i=0;i<N;i++){
            descriptor()
        }
    }
    CRC_32
}

```

Damien LUCAS (2008)

EIT d'Euronews

```

47 40 12 10 a9 65 69 67 65 20 71 75 69 20 6d 65 G@..@eige qui me
6e 61 e7 61 69 74 20 63 65 73 20 4a 65 75 78 2c naçait ces Jeux,
20 6c 27 61 72 6d e9 65 20 61 75 74 72 69 63 68 l'armée autrich
69 65 6e 6e 65 20 61 20 e9 74 e9 20 63 6f 6e 74 ienne a été cont
72 61 69 6e 74 65 20 64 65 20 64 e9 63 6f 75 70 rainte de découp
65 72 20 64 65 73 20 62 6c 6f 63 73 20 64 65 20 er des blocs de
67 6c 61 63 65 20 65 74 20 64 27 61 70 70 6f 72 glace et d'appor
74 65 72 20 64 65 20 6c 61 20 70 6f 75 64 72 65 ter de la poudre
75 73 65 2e 50 0b f1 01 01 66 72 65 56 69 64 65 use.P.ñ..freVide
6f 50 0b f2 01 01 66 72 65 41 75 64 69 6f 54 04 oP.ð..freAudioT.
41 00 bf 00 55 04 46 52 41 10 ec ce 36 32 4f f0 A.¿.U.FRA.îÎ620ð
f0 20 ad eb 01 01 04 32 00 01 01 4f ð -ë...2...0

```

Damien LUCAS (2008)

Le Scrambling en DVB

- Le payload des paquets TS est crypté
 - algorithme DVB-CSA
- La clef de décryptage (Control Word):
 - change toutes les n secondes (cryptopériode)
 - est transmise encryptées dans les ECMs
- La clef de décryptage des ECMs:
 - change tous les mois (clef du mois)
- Les clefs du mois sont transmises cryptées dans les EMMs
 - la clef de décryption des EMMs est propre à chaque système, elle est contenue dans la carte à puce
- La CAT donne la liste des PIDs des EMMs
- La PMT donne la liste des ECMs (CA_descriptor)

Damien LUCAS (2008)

5ème partie - Réseau de transport

Damien LUCAS (2008)

Réseaux de transport

- DVB définit différentes manières de transporter le flux TS:
 - DVB-IPI - sur IP
 - DVB-C - sur câble
 - DVB-S - par satellite
 - DVB-T - sur les fréquences hertziennes
 - DVB-ASI - en bande de base sur coax
 - DVB-SPI - en bande de base parallèle 16b
 - ...

Damien LUCAS (2008)

Deux types de réseaux

- “Bons” systèmes de transport:
 - ASI/SPI - câbles dédiés, faible distance, bande de base -> pas de perte
 - IPI - réputé fiable
- “Mauvais” systèmes:
 - DVB-S - largeur = 36 MHz. Att = 200dB.
 - DVB-C - largeur = 8 MHz. Att. très faible
 - DVB-T - largeur = 8 MHz. Att. importante. Echos.
- En pratique, compromis entre:
 - puissance de la modulation
 - qualité du signal
 - ajout de layers de protection

Damien LUCAS (2008)

Le cas du transport sur IP

- A la mode « ip »
 - Utilisation de la stack RTSP/RTP/RTCP + SDP
 - Utilisation du multiplexing existant dans IP
 - Principalement pour les utilisations sur PC et mobile
- A la mode « broadcast »
 - Coût du décodeur (chipset standard)
 - Principalement pour les utilisations sur « box »
- Initialement, excellents réseaux IP (fibre)
- Plus récemment, perte de paquets (ADSL/3G)

Damien LUCAS (2008)

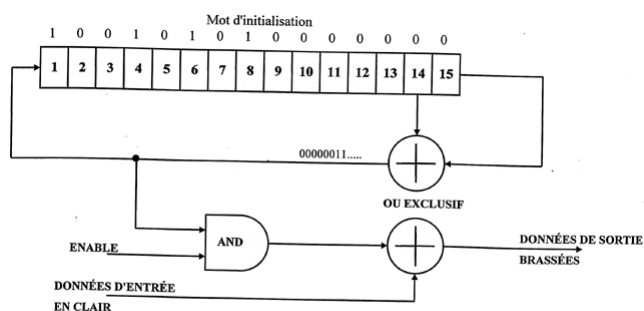
DVB-IP - Transport de TS sur IP

- 7 paquets TS dans un paquet UDP
- c'est tout !
- Possibilité d'utiliser une couche RTP:
 - 7 paquets TS dans un paquets RTP
 - 1 paquet RTP par paquet UDP
- Numérotation des paquets
 - Possibilité de 'retransmit'
 - Possibilité de contrôle de qualité (RTCP)

Damien LUCAS (2008)

Traitement 1 - Brassage

- Consommation énergétique:
 - revenir à une répartition énergétique homogène (éviter les longues suites de 1 ou de 0 qui créeraient une raie à forte énergie dans le spectre).
 - Synchronisation tous les 8 paquets
 - 0x47 => 0xb8



PRINCIPE DU BRASSAGE EN DVB

Damien LUCAS (2008)

Traitement 2 - Code Reed Solomon

- RS(188,204, t=8)
- Code correcteur d'erreurs
 - Ajout de 16 octets à la fin des 188
 - 8 octets peuvent être corrigés
- Système très puissant mais:
 - les perturbations sont généralement groupées dans le temps: détérioration de plus de 8 octets

Damien LUCAS (2008)

Traitement 3 - Entrelacement

- On mixe les paquets
- On diminue ainsi le nombre d'erreurs par mot
- Augmentation de l'efficacité du RS

eeuaf nlsob esuav erlia sldup eedep soito

eeuaf nlsob esuav **lia s***p eedep soito

..... tass* fou*s bal*es vi*eo

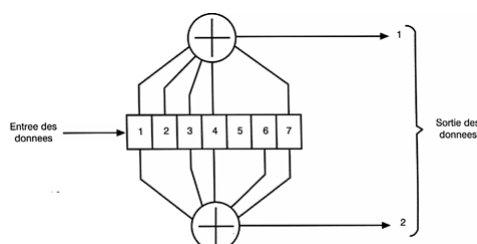
1 seule erreur par mot

niche
chien
poule
tasse
fours
balles
video
audio
petit
porte

Damien LUCAS (2008)

Traitement 4 - Code convolutif

- Lier chaque bit à plusieurs autres de manière à retrouver sa valeur en cas de problème.
- Chaque bit génère 2 bits sortants, liés aux 6 précédents
- Avantage: Permet de retrouver la valeur la plus probable d'un bit
- Inconvénient: Doublage du débit ...



Damien LUCAS (2008)

Traitement 5 - Poinçonnage

- Forward Correction Error (FEC)
- On ne transmet pas tous les bits de la sortie du code convolutif:

entrée	sortie	transmis	FEC
1	2	2	1/2
2	4	4	2/3
3	6	6	3/4
5	10	10	5/6
7	14	14	7/8

Damien LUCAS (2008)

Traitement 6 - Filtre de Nyquist

- [Admis]
- Filtrage nécessaire qui diminue le débit utile.
- En théorie, nécessité d'une largeur de bande
 - $W = Q(1 + r_o)$

Damien LUCAS (2008)

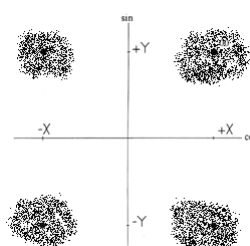
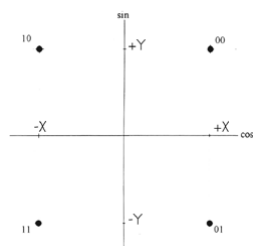
Différentes modulations

	Brassage	RS	Entr.	conv.	FEC	Nyquist
IP	-	-	-	-	-	-
ASI	0	0	-	-	-	-
QAM	X	X	X	-	-	X
QPSK	X	X	X	X	X	X
OFDM	X	X	X	X	X	X

Damien LUCAS (2008)

Modulation QPSK

- Combinaison de deux modulations d'amplitude
- On transmet $s(t) = x \cdot \cos(\omega t) + y \cdot \sin(\omega t)$
- 36 MHz, $r_o = 0.35$ donc 27,5 MS/s
- $27.5 * 2 * 5/6 * 188/204 = 42.24$
- $27.5 * 2 * 3/4 * 188/204 = 36.01$



Modulation QAM

- Même principe que QPSK:
 - $s(t) = x \cdot \cos(wt) + y \cdot \sin(wt)$
 - x et y peuvent prendre d'autres valeurs que 0/1
- 8MHz, $r_o=0.15$ on a donc 6,96 MS/s
- 1 symbole = 6 bits en QAM64
- $6.96 * 6 * 188/204 = 38.48$ Mbps

