



Télévision Numérique et Normes Associées

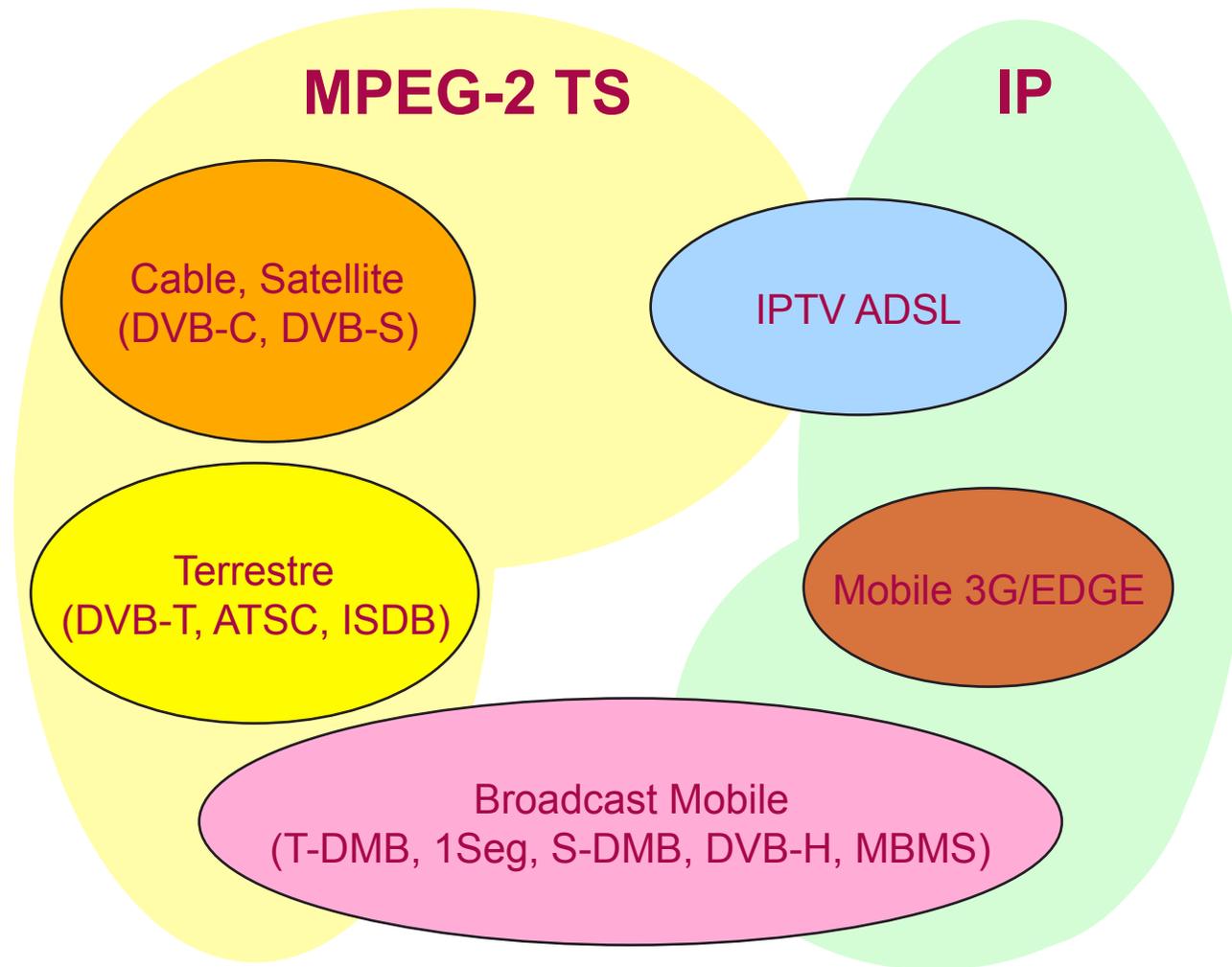
Jean Le Feuvre

jean.lefeuvre@telecom-paristech.fr





Diffusion Audiovisuelle Numérique





Principes du broadcast

■ Connexion uni directionnelle

- Pas de retour sur la qualité
 - Impossible de renvoyer les paquets perdus
 - Utilisation de code correcteur d'erreurs
- Pas de connexion client vers source
 - Informations à embarquer dans le contenu:
 - Configuration de service
 - Descriptions des autres services disponibles

! Tous les utilisateurs reçoivent les mêmes données !



Principes du broadcast

■ Gestion des points d'accès

- Permettre l'accès aux flux « à tout moment »
 - Insérer régulièrement les données de configuration
 - Si besoin, remettre les contextes de décodage à zero régulièrement
- Pouvoir mettre à jour la configuration
 - Notion de « version » des données
- Sans perturber les utilisateurs déjà présents
 - Règles sur l'interprétation de la version

Terminologie: « Carousel »

Plan

- **Transport MPEG-2**
- **DVB**
- **Architectures de broadcast**



Télévision Numérique et Normes Associées

Transport MPEG-2





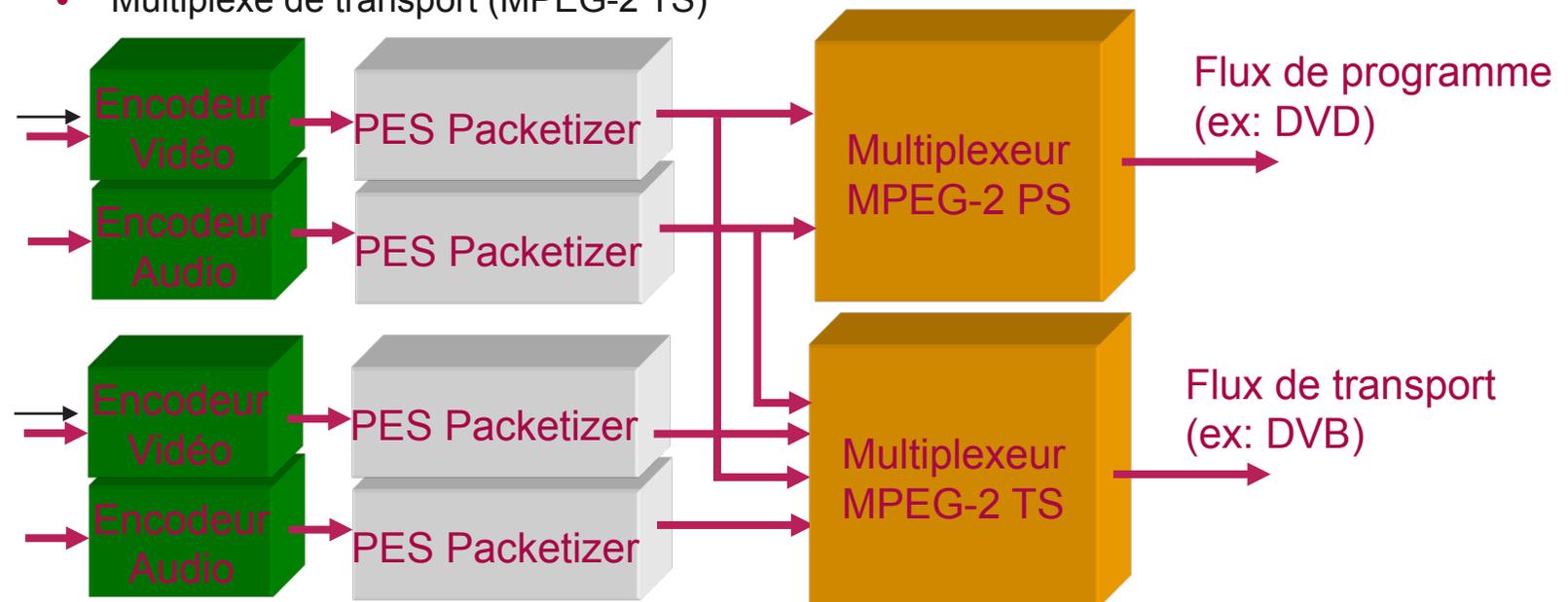
La norme MPEG-2

- **ISO/IEC 13818 – 1994**
- **Codage source**
 - Vidéo (Partie 2)
 - Audio (Partie 3)
 - Audio avancé (AAC, Partie 7)
- **Transport**
 - Sans erreurs (PS)
 - Avec erreur (TS)
 - Contrôle (DSM-CC)



Diffusion MPEG-2

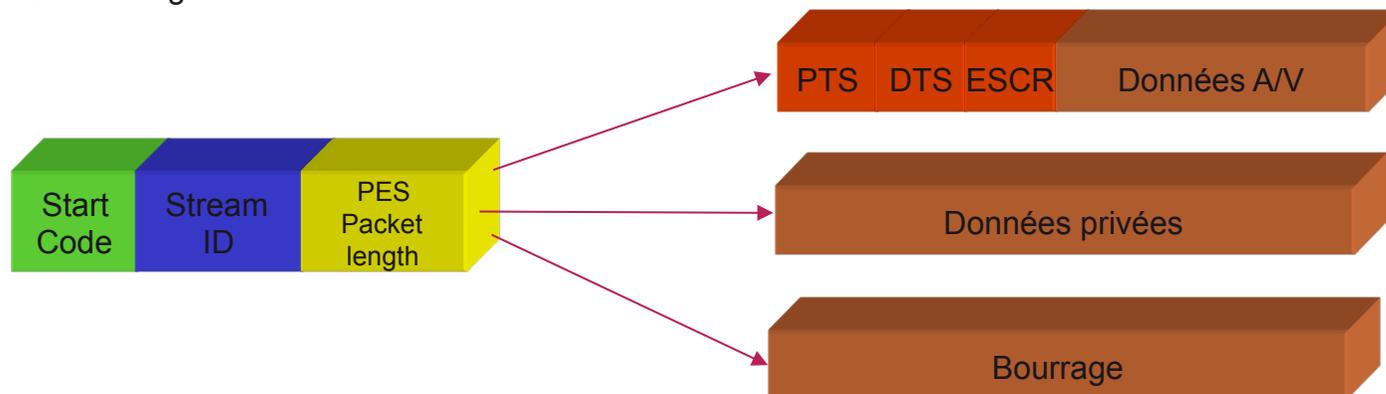
- **Flux élémentaires empaquetés (PES)**
 - Média: audio, vidéo
 - Data: services interactifs, guide de programmes
- **2 modes de multiplexage:**
 - Multiplexe de programme (MPEG-2 PS)
 - Multiplexe de transport (MPEG-2 TS)





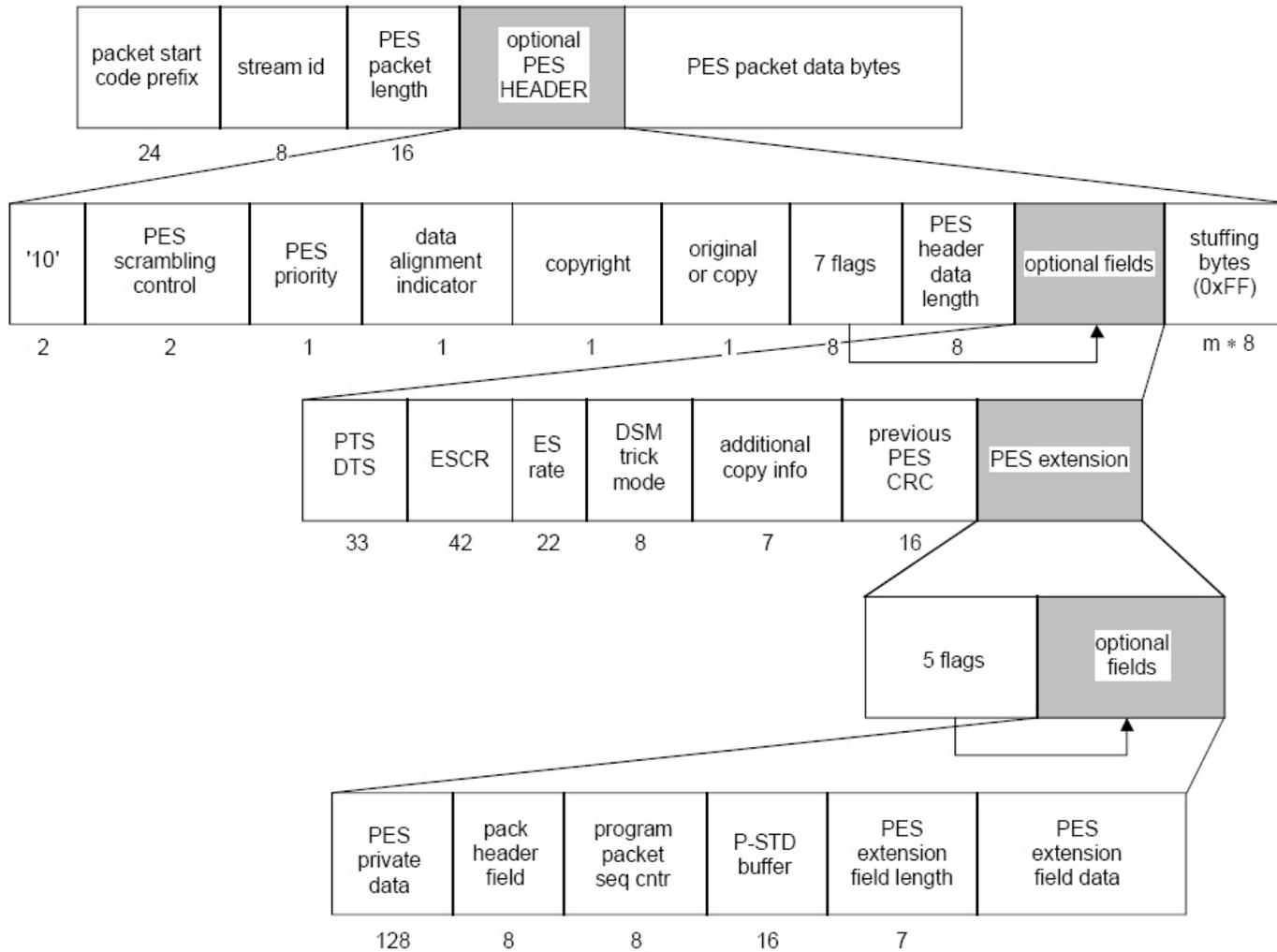
MPEG-2 PES

- **Taille variable**
- **Types différents**
 - Entête commune (6 octets)
 - Dont un identifiant de flux pour distinguer
 - Audio/vidéo
 - Bourrages
 - Data, ...
- **Pour les paquets AV, d'autres info sont disponibles:**
 - Timing (PTS/DTS)
 - Horloge (ESCR)
 - Scrambling





MPEG-2 PES



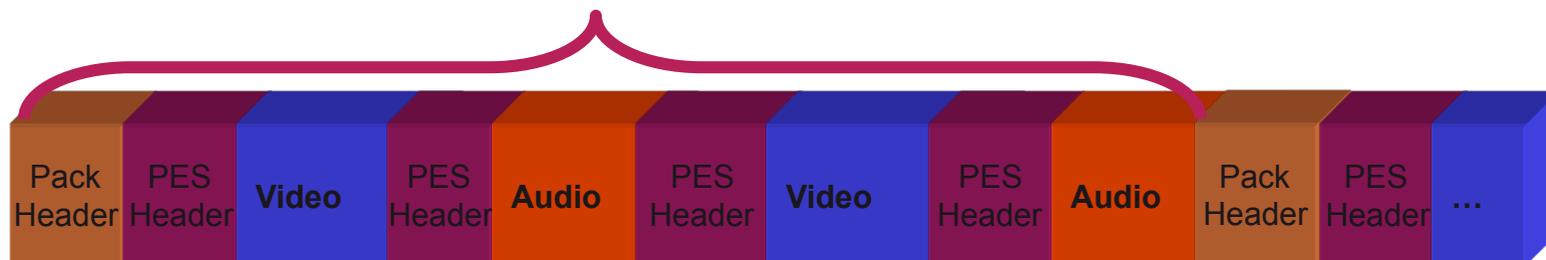


Types de paquets PES

Stream ID	Type de flux
1011 1100	Program Stream Map
1011 1101	Private Stream 1
1011 1110	Padding stream
1011 1111	Private Stream 2
110x xxxx	Flux audio MPEG-1, -2 ou -4
1110 xxxx	Flux vidéo MPEG-1, -2 ou -4
1111 0000	Flux ECM (Entitlement Control Message) – Accès Conditionnel
1111 0001	Flux EMM (Entitlement Management Message) – Accès Conditionnel
...	...
1111 1111	Program Stream Directory

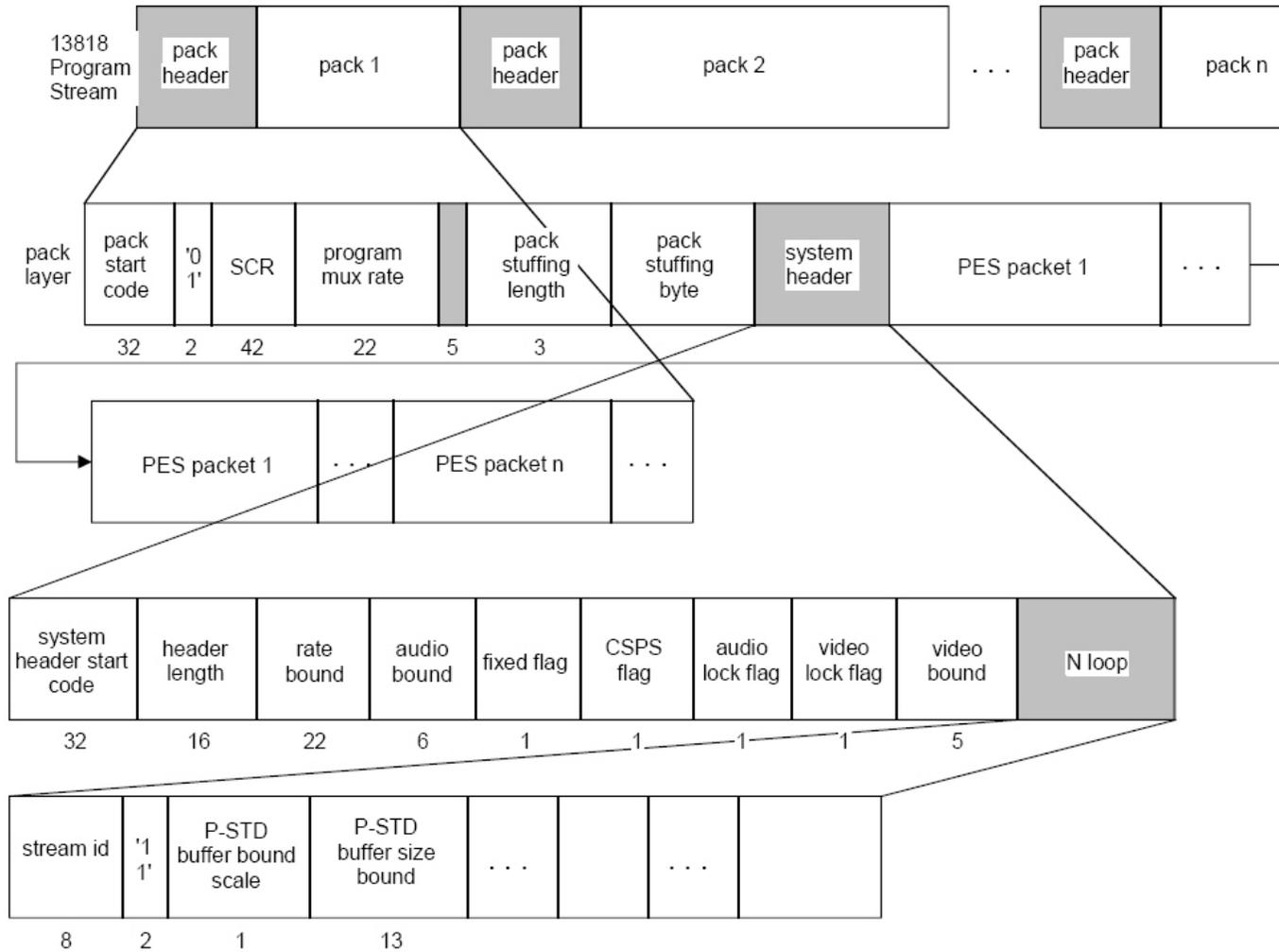
MPEG-2 Program Stream

- Flux de programme ~ programme TV
- Format de multiplexage
 - De plusieurs flux élémentaires: 1 vidéo, N audio, N divers
 - Partageant la même base de temps
 - Débit constant ou variable
- Dédié aux environnements avec peu d'erreurs
- 1 flux de programme = suite de 'pack'
- 1 'pack' = entête 'pack' + suite de paquets PES





MPEG-2 Program Stream





MPEG-2 Transport Stream

- **MPEG-2 TS = Format de multiplexage**
 - De plusieurs programmes TV
 - N * (Vidéo + Audio(s) + Données) à base de temps différentes
 - Cas particulier: un programme
 - Single Program Transport Stream (SPTS)
- **Dédiés aux environnements avec erreurs**
- **1 flux de transport = suite de paquets de transport**
 - Paquets de taille fixe (188 octets)
 - Ajout de codes correcteurs d'erreurs facilité
 - Entrelacement plus facile
 - Possibilité de détecter les débuts et fins de paquets
 - Synchronisation possible après une perte de paquets
- **Deux mécanismes de transport des données**
 - Paquets PES: données audio-vidéo
 - Sections: métadonnées, EPG, etc...

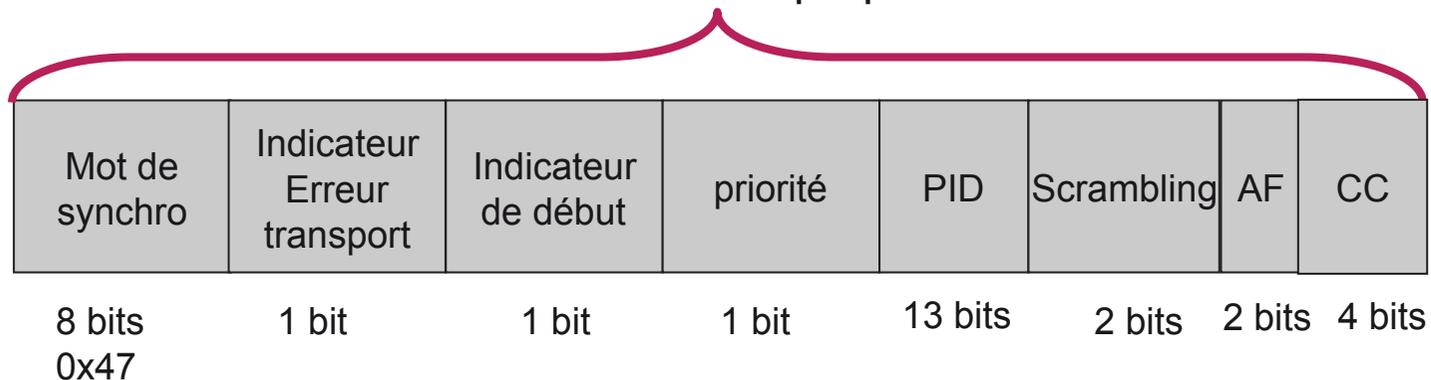


MPEG-2 TS – Le paquet TS

■ Paquets de taille fixe (188 octets)

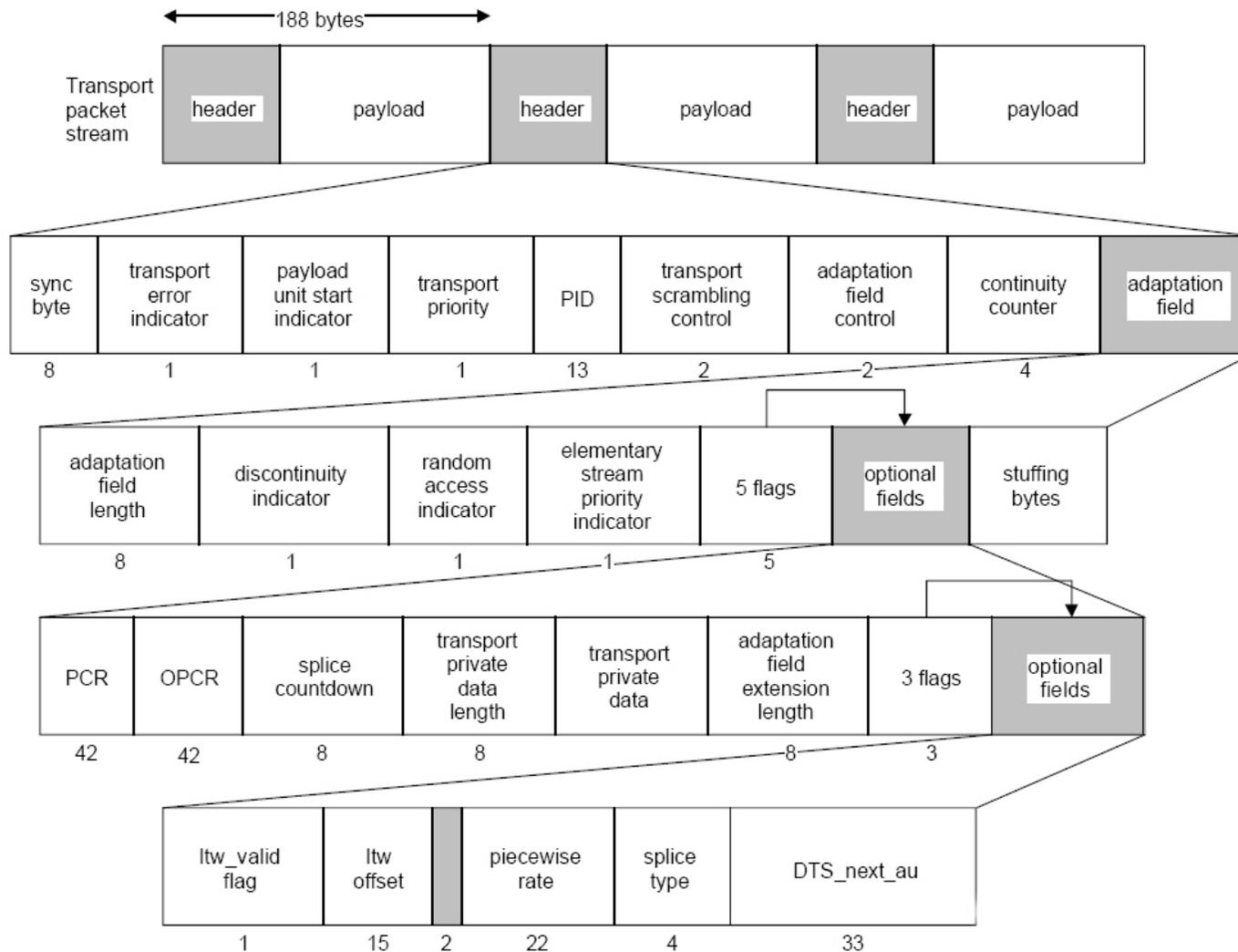
- Entête (4 octets) :
 - Mot de synchronisation = permet de synchroniser en cas d'erreur
 - Indicateur d'erreur: si des erreurs ne sont pas corrigées dans le reste du paquet TS
 - Identifiant de paquet (PID) permet l'identification du type de paquet
 - Indicateur de début
 - Indicateur de priorité
 - Indicateur d'embrouillage
- Données
 - Paquets PES ou Données sections ou bourrage

Entête de paquets TS





MPEG-2 Paquet TS





MPEG-2 TS – Utilisation du PID

- Indique le flux logique de destination des données
- **PID Réservés**
 - Données de type PSI (Program Specific Information)
 - Program Association Table (PAT)
 - Conditional Access Table (CAT)
 - DVB Tables

Valeur du PID	Description
0x0000	Program Association Table (PAT)
0x0001	Conditional Access Table (CAT)
0x0002 – 0x000F	Valeurs réservées
0x0010 – 0x1FFE	Valeurs utilisables pour: <ul style="list-style-type: none">-Network information table (NIT)-Program Map Table (PMT)-PID des flux élémentaires
0x1FFF	Paquet vide



■ Program Association Table

- Liste des programmes dans le TS
 - Numéro de Programme, PID de la PMT

■ Program Map Table

- Liste des flux dans un programme
 - Stream Type, PID, méta données
- Méta données du program
- PID du flux portant l'horloge



MPEG-2 TS: utilisation du type

- **1 stream_type par canal du multiplexe**
 - Indique le type de flux (codage)
 - Implique le type de transport (PES ou Sections)
- **Les types sont alloués**
 - par ISO: types de base
 - Par DVB ou autres: ISO user-private



MPEG-2 TS: type de flux

Valeur	Stream Type	Valeur	Stream Type
0x00	ITU-T ISO/IEC Reserved	0x10	ISO/IEC 14496-2 Visual
0x01	ISO/IEC 11172-2 Video	0x11	ISO/IEC 14496-3 Audio with the LATM transport Syntax as defined in ISO/IEC 14496-3/AMD-1
0x02	ITU-T Rec. H.262 ISO/IEC 13818-2 Video or ISO/IEC 11172-2 constrained parameter video stream	0x12	ISO/IEC 14496-1 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in PES packets
0x03	ISO/IEC 11172-3 Audio	0x13	ISO/IEC 14496-1 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in ISO/IEC14496_sections
0x04	ISO/IEC 13818-3 Audio	0x14	ISO/IEC 13818-6 Synchronized Download Protocol
0x05	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 private_sections	0x15	Metadata carried in PES packets
0x06	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 PES packets containing private data	0x16	Metadata carried in metadata_sections
0x07	ISO/IEC 13522 MHEG	0x17	Metadata carried in ISO/IEC 13818-6 Data Carousel
0x08	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 Annex A DSM-CC	0x18	Metadata carried in ISO/IEC 13818-6 Object Carousel
0x09	ITU-T Rec. H.222.1	0x19	Metadata carried in ISO/IEC 13818-6 Synchronized Download Protocol
0x0A	ISO/IEC 13818-6 type A	0x1A	IPMP stream (defined in ISO/IEC 13818-11, MPEG-2 IPMP)
0x0B	ISO/IEC 13818-6 type B	0x1B	AVC video stream as defined in ITU-T Rec. H.264 ISO/IEC 14496-10 Video
0x0C	ISO/IEC 13818-6 type C	0x1C-0x7E	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 Reserved
0x0D	ISO/IEC 13818-6 type D	0x7F	IPMP stream
0x0E	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 auxiliary	0x80-0xFF	User Private
0x0F	ISO/IEC 13818-7 Audio with ADTS transport syntax		





MPEG-2 TS – Les Sections (1/2)

- **Taille maximale utile: 1024 ou 4096 octets**
 - Transport de données (connues ou non)
 - Sans contraintes temps réel
- **Données Sections:**
 - Tables MPEG-2: PAT, PMT
 - Tables DVB: BAT, SDT, NIT
 - Autres...



MPEG-2 TS – Les Sections (2/2)

■ Identification des données

- TableID (8 bits)
 - Permet l'envoi de plusieurs types de tables sur un seul canal

■ Fragmentation des données larges

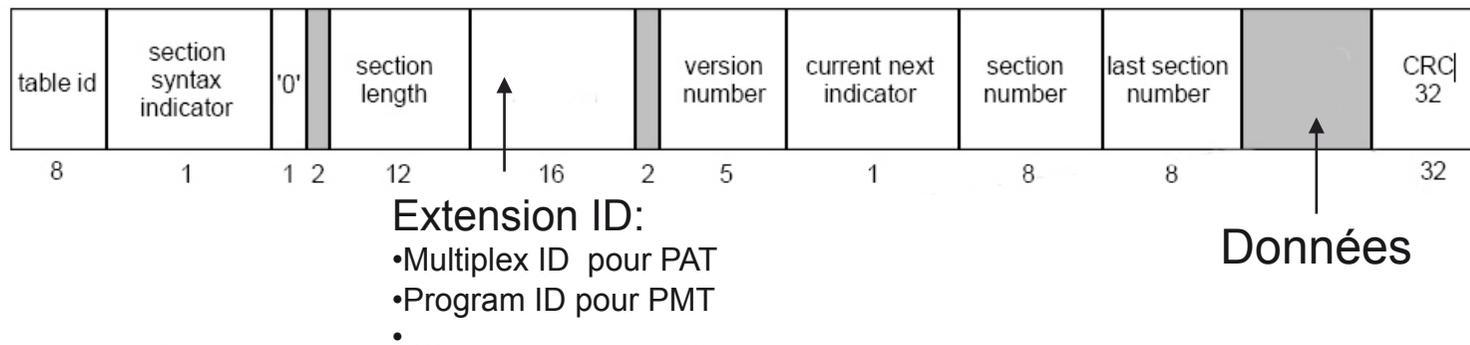
- section_number, last_section_number: transmission sur plusieurs sections

■ Gestion du broadcast des données

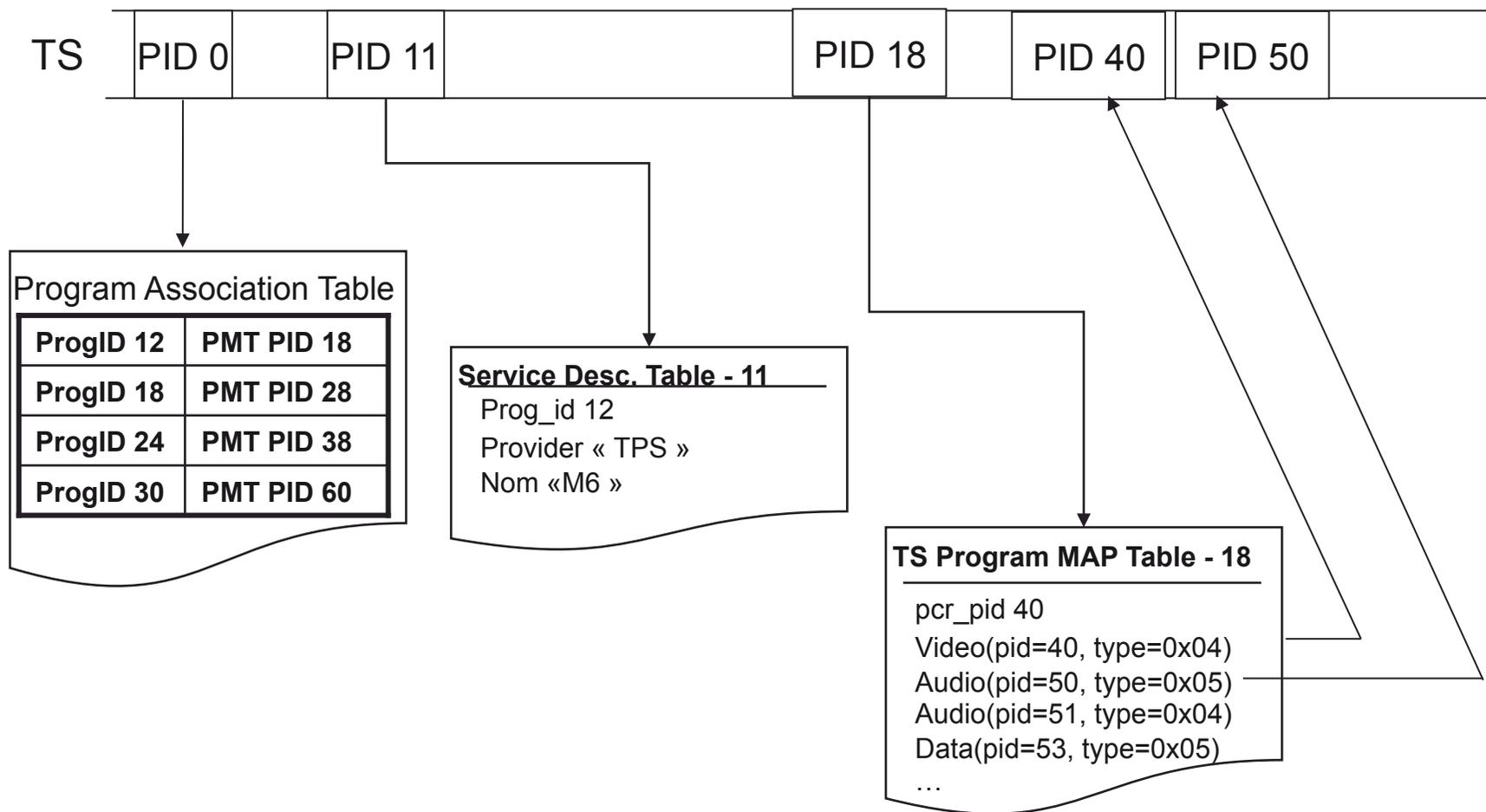
- Version_number: mise à jour ou répétition de sections
 - Permet de contrôler le temps d'attente lors du chargement du programme

■ Intégrité du transport

- CRC32



MPEG-2 TS: utilisation du multiplex





MPEG-2 TS: Embrouillage

- **Une partie des émissions numériques sont payantes**
- **Embrouillage peut intervenir:**
 - Au niveau du paquet élémentaire A/V PES,
 - Au niveau du contenu des sections,
 - Au niveau du paquet transport TS.
- **Tous les flux sauf PAT/PMT/NIT/SIs**



Formation Télévision Numérique

DVB





Le projet DVB

- **Digital Video Broadcasting forum**
- **Création en 1992**
 - Plus de 300 industriels
 - Plus de 35 pays
- **But**
 - Promotion de standards ouverts pour la diffusion de contenus numériques et télévisuels
- **www.dvb.org**



Principales Recommandations

DVB-S	EN 300 421 TR 101 198	diffusion sur satellite
DVB-C	EN 300 429	Diffusion sur tout réseau câblé
DVB-T	ETS / EN 300 744 TR 101 190	Diffusion sur réseau terrestre
DVB-SI	ETS 300 468 ETR 211 & ETR 162	Information de service DVB
DVB-CA	ETR 289	Système d'embrouillage commun
DVB-CI	EN 50221	Interface commune pour CA



Champ d'action de DVB

- **Codage de source**
 - MPEG-2 vidéo MP @ ML
 - MPEG audio layer 1/2
 - Débit en sortie entre 1.5 Mbits/s et 15 Mbits/s
- **Transport et Synchronisation**
 - MPEG-2 TS
- **Codage de canal**
 - Selon les media de transport
- **Signalisation**
 - PSI
 - Autres ...



DVB PSI

- **Network Information Table (NIT)**
 - Topologie du réseau de diffusion (Fréquence, FEC, ...)
 - PID 16, TableID 64 | 65
- **Service Description Table (SDT)**
 - Description du multiplexe (nom de chaînes)
 - PID 17, TableID 66 | 70
- **Bouquet Association Table**
 - Liens vers d'autres services
 - PID 17, TableID 74
- **Event Information Table (EIT)**
 - Guide des évènements (émissions) en cours et à suivre
 - PID 18, TableID 78 | 79
- **Time and Date Table (TDT)**
 - Date et heure UTC
 - PID 20, TableID 112

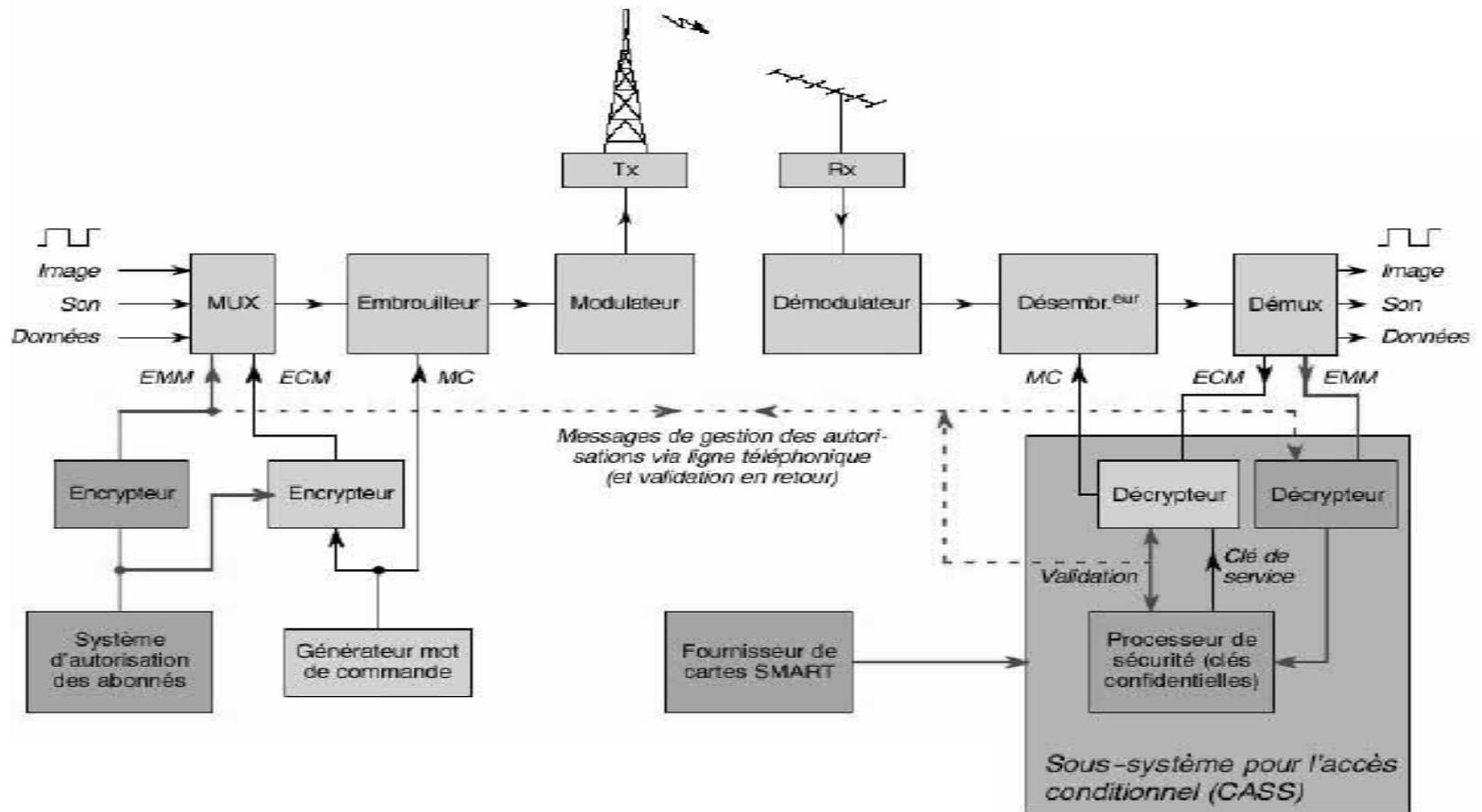


DVB CAS

- **Conditionnal Access System**
- **DVB-CSA (Common Scrambling Algorithm)**
 - commun à tous les services de radiodiffusion.
 - Gardé secret (NDA) jusqu'en 2002
- **DVB-CI (Common Interface)**
- **Principes**
 - 2 mots de contrôle (déchiffrement) en alternance
 - Envoi chiffré via ECM (Entitlement Control Message)
 - Mise à jour fréquente (2 à 10 s)
 - Décryptage & application des clés en fonction des droits (EMM)



DVB CAS Architecture



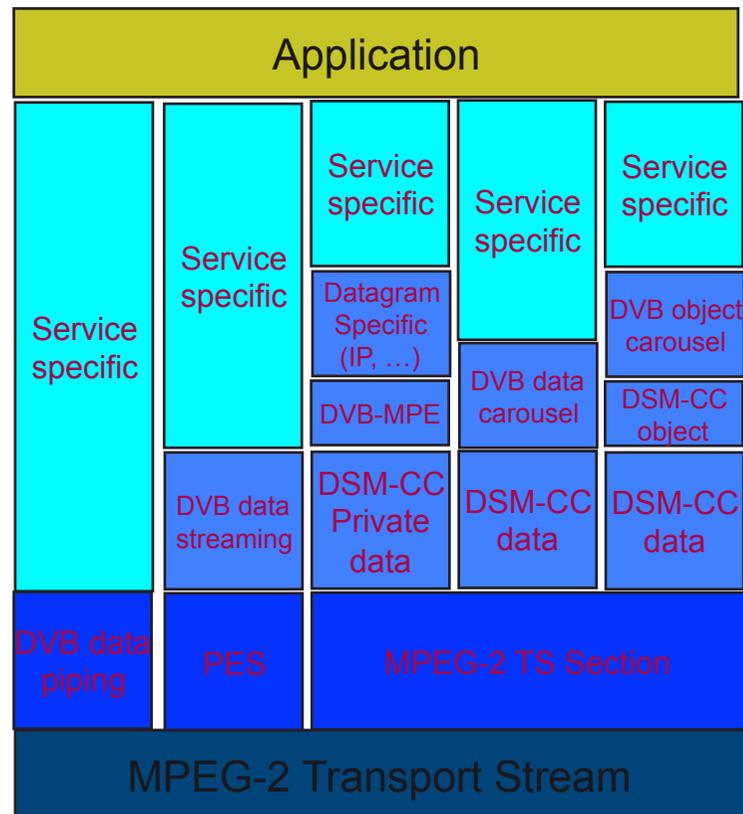


Data sur DVB

- **Data piping (DVB)**
 - Données encapsulées directement dans un TS.
- **Data streaming (DVB)**
 - Données en flux continu qui peut être asynchrone, synchrone ou synchronisée. La donnée est encapsulée dans un paquet PES.
- **Données carrousels (DVB)**
 - Données assemblées dans une mémoire tampon jouée de façon cyclique (transmission périodique). Les données peuvent avoir n'importe quelle forme.
- **Carrousel Objets (DVB)**
 - extension du carrousel données pour MHP/OCAP
- **Multi Protocol encapsulation (MPE) (DVB)**
 - technique basée sur le protocole DSM-CC (Digital Storage Media – Command and Control) qui permet l'émulation LAN.
 - Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) (IETF)
 - Amélioration de MPE pour datagrammes unidirectionnels.



Data sur DVB





IP sur MPEG-2 TS: DVB MPE

■ DVB, ETSI

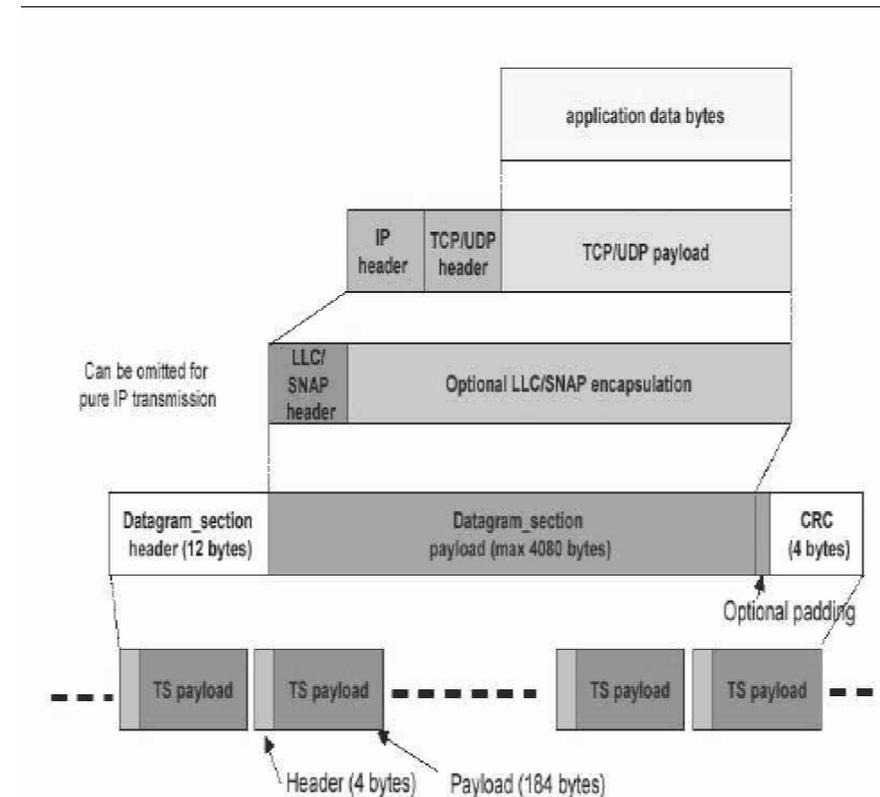
- Systèmes IP sur multiplexe MPEG-2

■ Avantages

- Transport IPv4
- Rapide

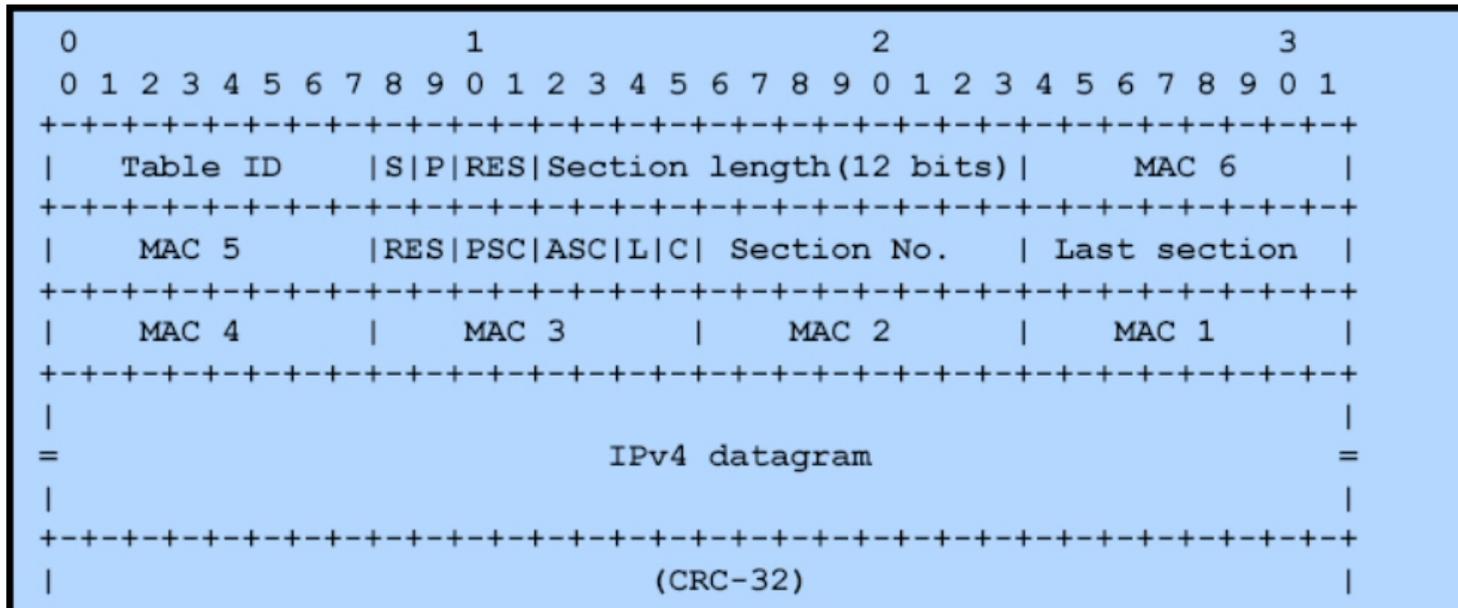
■ Inconvénients

- Complexité
 - « Plateformes IP »
- Surcoût





MPE Header (version simple)





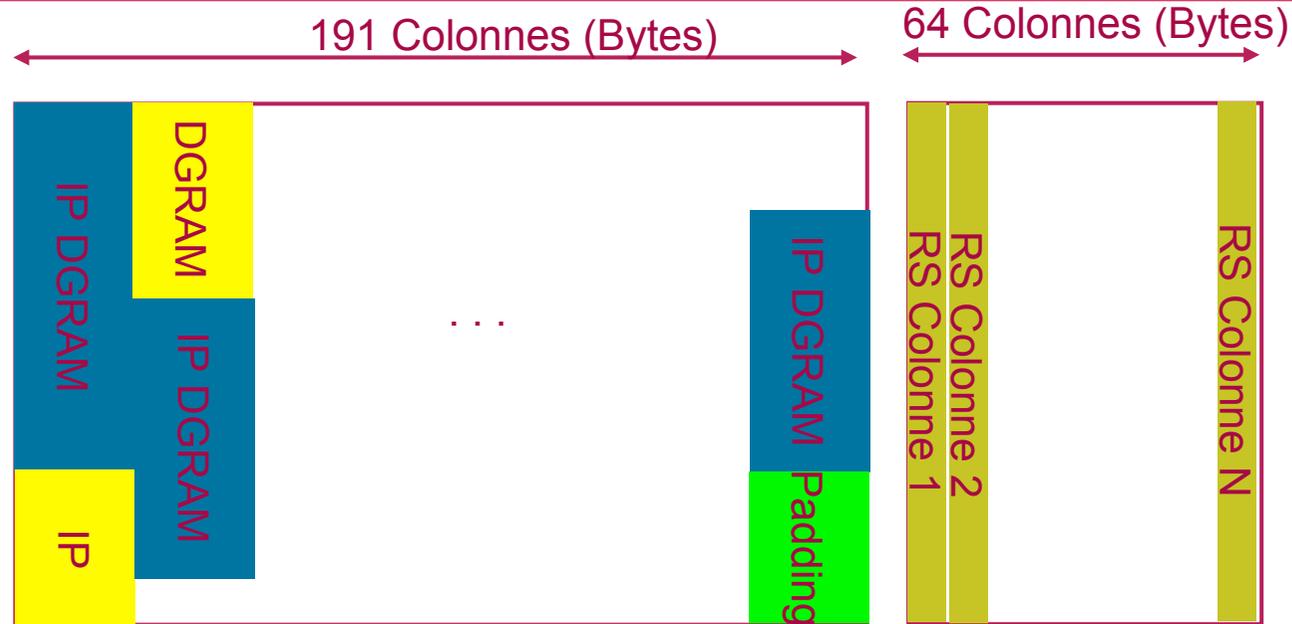
DVB MPE: Surcoût

Surcoût MPE (octets)	Remarques
16	MPE IPv4 assumé – pas de EtherType
16+8=24	MPE+LLC/SNAP EtherType permet IPv6 et autres. Pas de pontage possible
16+24=40	MPE+LLC/SNAP Pontage Ethernet sans FCS
16+28=44	MPE+LLC/SNAP Pontage Ethernet avec FCS



- **Augmenter la résistance aux erreurs de transmission**
 - Redondance
 - Reed Solomon 255/191, 25% redondance
- **Sans modifier les implémentations existantes**
 - Pas de modification des sections MPE
 - Utilisation de nouvelles sections pour le FEC

DVB MPE-FEC



■ MPE

- Transport de chaque MPE+IP sur une section
- Agrégation des paquets dans une table

■ FEC

- Transport de chaque colonne FEC dans une section
- Agrégation des FEC dans une autre table
 - FEC peut être ignoré
 - Ne perturbe pas un système MPE sans FEC



Formation Télévision Numérique

Architectures de Broadcast





Normes déployées

	USA	Europe	Corée	Japon
TV Mobile (terrestre)	ATSC	DVB-T	ATSC	ISDB-T
TV Mobile	<i>ATSC M/H</i> <i>MediaFlo</i>	<i>T-DMB</i> <i>DVB-H</i>	T-DMB	ISDB-T
Radio	IBOC	DAB	DAB	ISDB-T



DVB-H

- **Septembre 2002 (DVB-M, puis DVB-X puis DVB-H)**
- **Standard: Janvier 2004.**
- **Couches applicatives non traitées (pas de codecs)**
- **Buts**
 - Si possible compatible avec DVB-T
 - Consommation inférieure à 100 mW
 - Bande passante: 0 -> 10 Mbit/s
 - Fonctionnement dans un réseau à fréquence unique
 - réception à grande vitesse de déplacement
 - Possible avec une seule antenne
 - Gestion de l'itinérance simple
- **Lien: <http://www.dvb-h.org/>**



DVB-H Fonctionnalités

- **Compatibilité avec la norme DVB-T**
- **Transport IP utilisant DVB-MPE**
- **Découpage temporel pour économiser la batterie**
- **MPE-FEC pour une meilleure résistance aux erreurs**
 - paramétrable
- **Transmission Parameter Signaling (TPS)**
 - Configuration dynamique du démodulateur (Time-slicing, MPE-FEC, 8k symbol interleaving)



DVB-H Time Slicing

■ En bref

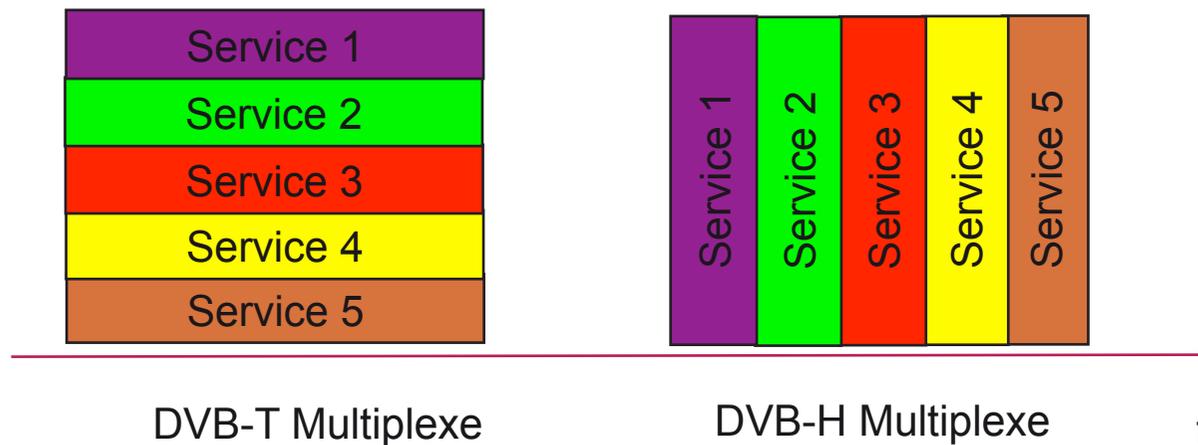
- Envoi par burst (2Mbits/burst)
- Tampon temporel de services

■ Avantages

- Récepteur éteint pendant $\sim (N-1)/N$ du temps ($N = \text{Nb services}$)
- Période d'inactivité utilisée pour mieux gérer la mobilité

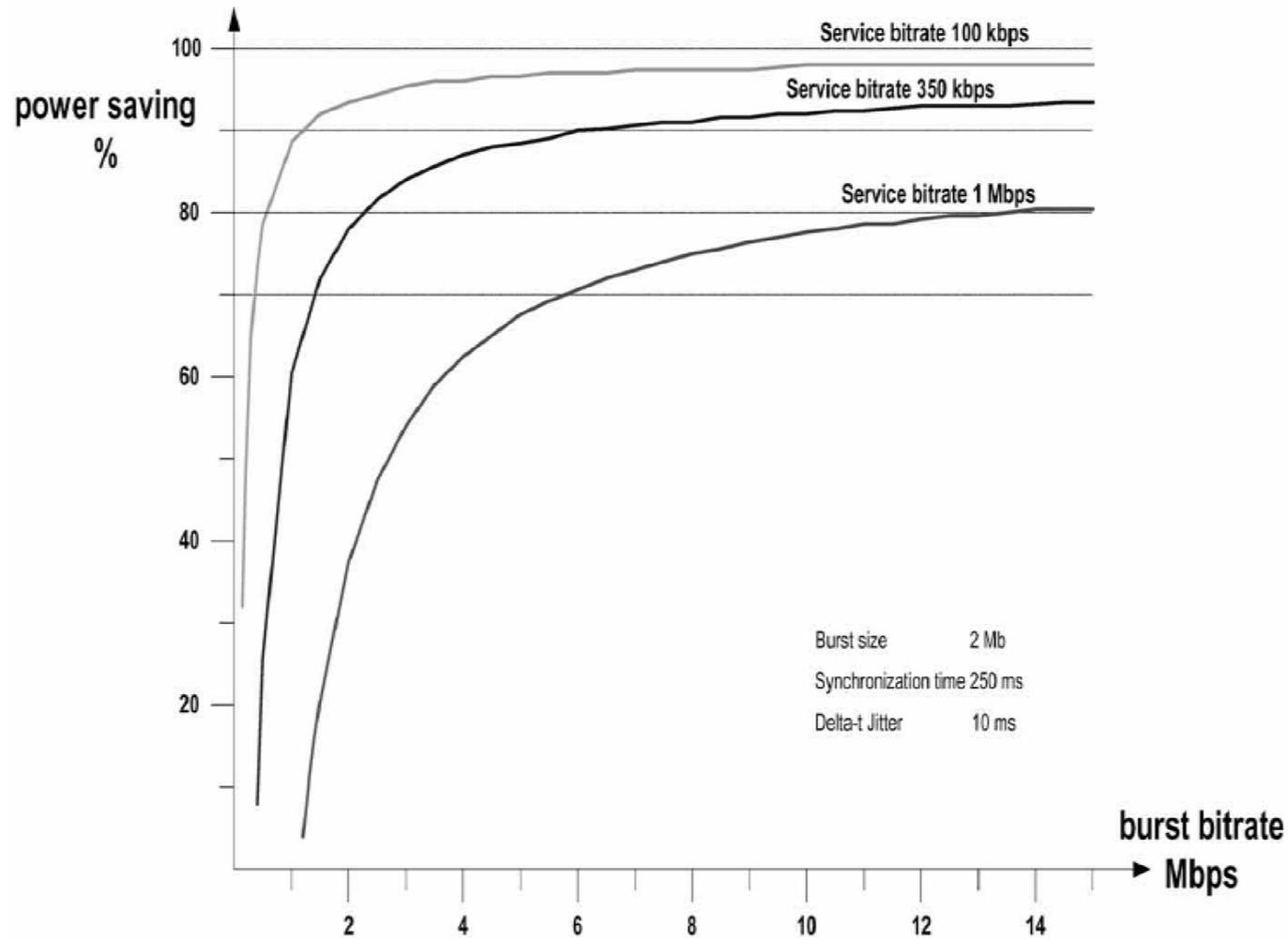
■ Inconvénients

- Temps d'accès aux services important





DVB-H Time Slicing





- **IP Datacasting**
- **Transport Protocol: RTP**
- **Media Codecs**
 - AVC/H264:
 - Baseline -> High Profile
 - RAP max 5sec, recommandé 2s
 - VC1
 - Simple -> Advanced Profile
 - HE-AAC v2
 - AMR-WB+
 - AC-3 / EC-3



■ Besoin impératifs

- Description des flux AV (SDP)
- Guide de Services Electronique

■ Besoin forts

- Services multimédia (clips, sonneries)

■ Solution

- Protocole Flute/ALC
 - ALC: Transport fiable sur UDP (multicast/unicast)
 - Flute: Application de ALC pour les fichiers