



Streaming sur IP



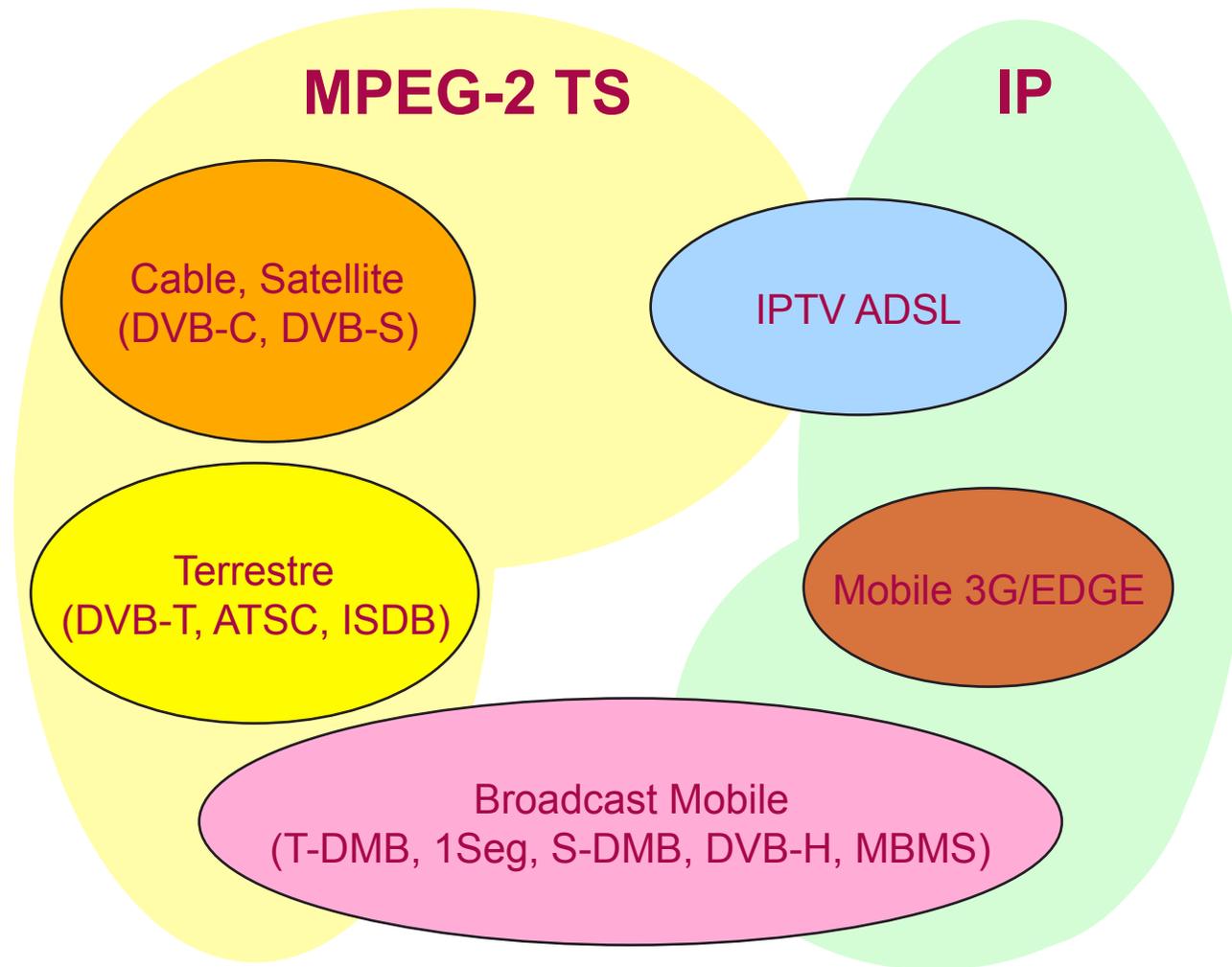
Jean Le Feuvre

jean.lefeuvre@telecom-paristech.fr





Diffusion Audiovisuelle Numérique





Definition

■ Stream : Flux

■ Streaming

- « Diffusion en mode continu »
- Lecture de flux en continu depuis le réseau par opposition à la lecture de fichiers
- Par extension, lecture de flux ou fichiers ne nécessitant pas d'accès à un stockage local complet du média.



Problématiques

- **Différents défis liés à différents services**
 - Diffusion point à point (Vidéo à la demande)
 - Diffusion massive en direct (TV, Direct)
 - Diffusion massive en différé (P2P)
- **Garantir la qualité de service**
 - Pertes de données
 - Délais réseaux
- **Garantir la sécurité**



Téléchargement de Fichiers

■ **Avantage**

- Synchronisation audio/vidéo garantie (entrelacement dans le fichier)
- Facilité de déploiement (serveurs HTTP classiques)
- Pas de pertes de données

■ **Inconvénients**

- Lecture continue non garantie
- Inadapté au temps réel
- Accès aléatoire difficile
- Nécessite un espace mémoire important



■ Flux Audio Visuel

- Suite temporelle de données d'un même type (trame media, ensemble d'instruction)
- Fortes contraintes de synchronisation

■ Avantages

- Utilisation mémoire faible
- Latence moins importante
- Scalabilité possible

■ Inconvénients

- Pertes de paquets
- Infrastructures plus complexes



Transport de données en temps réel

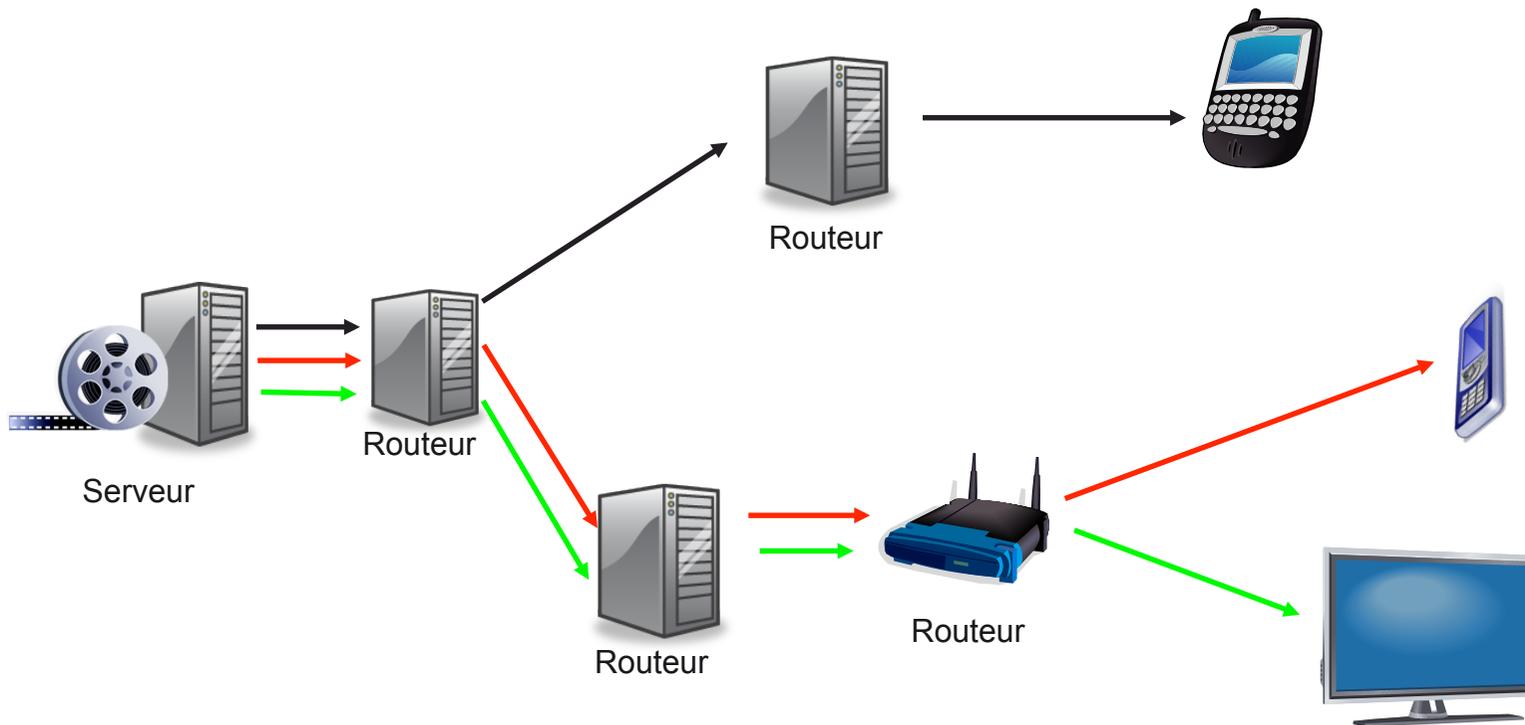
■ Diminuer le temps de transport

- Éviter le transport TCP

■ Gérer la qualité du lien

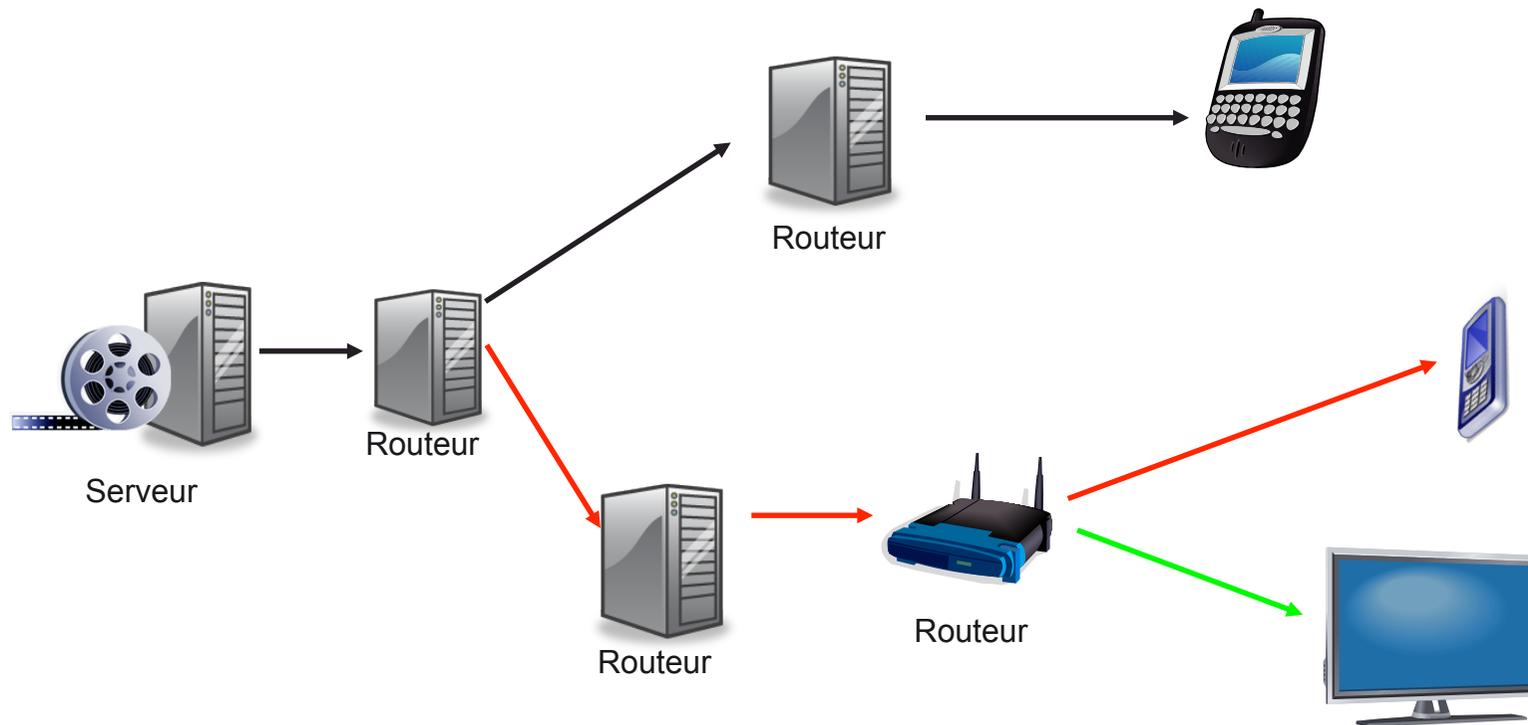
- Délai réseau (perte d'ordre, mémoire tampon)
- Prévoir les pertes de paquets
 - Émission « intelligente » des données
 - Récupérer les paquets perdus ?
- En informer le serveur si possible

Distribution Unicast (point-à-point)



■ Débit serveur = Nb Clients * Débit AV

Distribution Multicast



■ Débit serveur = Débit AV



Distribution Scalable

■ Conditions de distribution variables

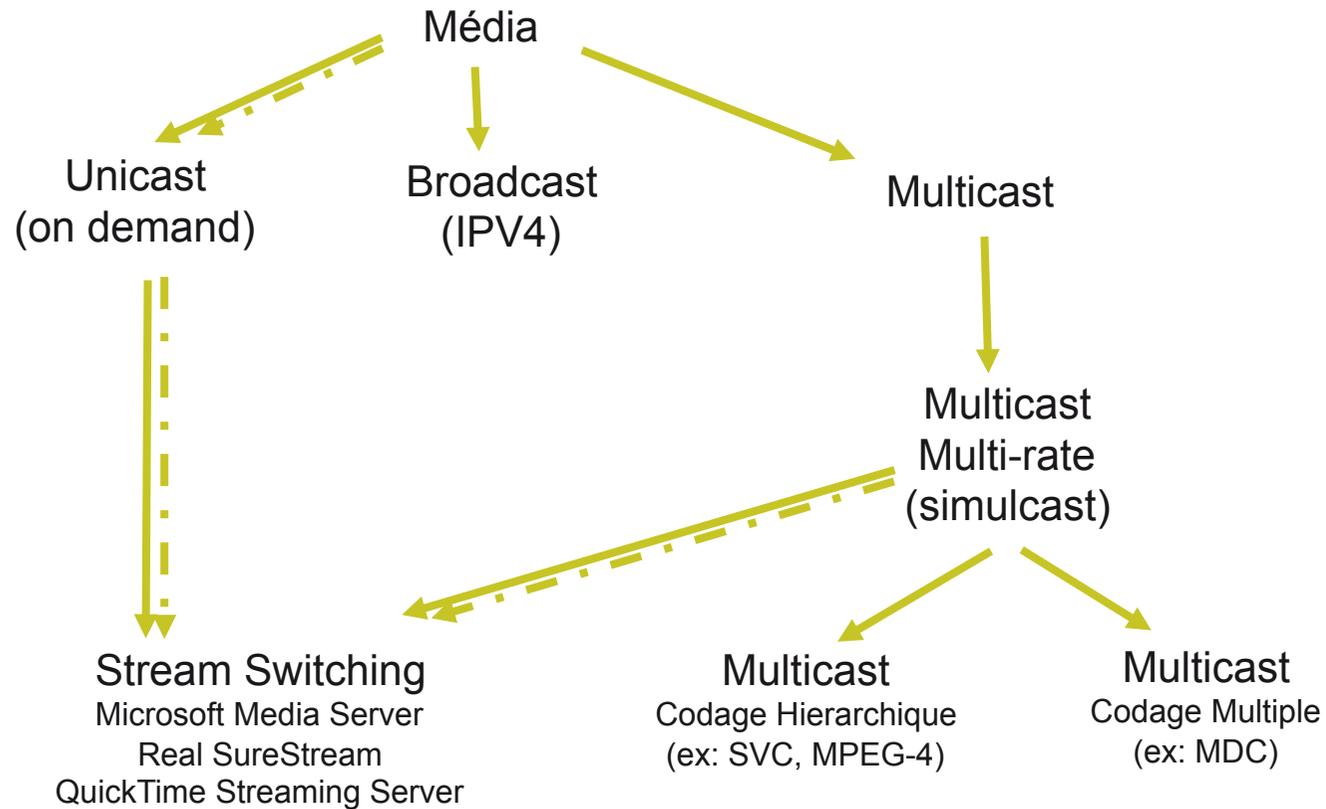
- Débit (Congestions, Changement de réseau)
- Capacités du terminal (CPU, Mémoire, Affichage)

■ Solutions

- Plusieurs versions du media (« Stream Switching »)
 - Espace de stockage
 - Inadapté à la distribution multicast
- Codage hiérarchique
 - Couche de base pour tous les cas de distributions
 - Couches d'amélioration pour couvrir les autres cas
 - Adapté à la diffusion multicast

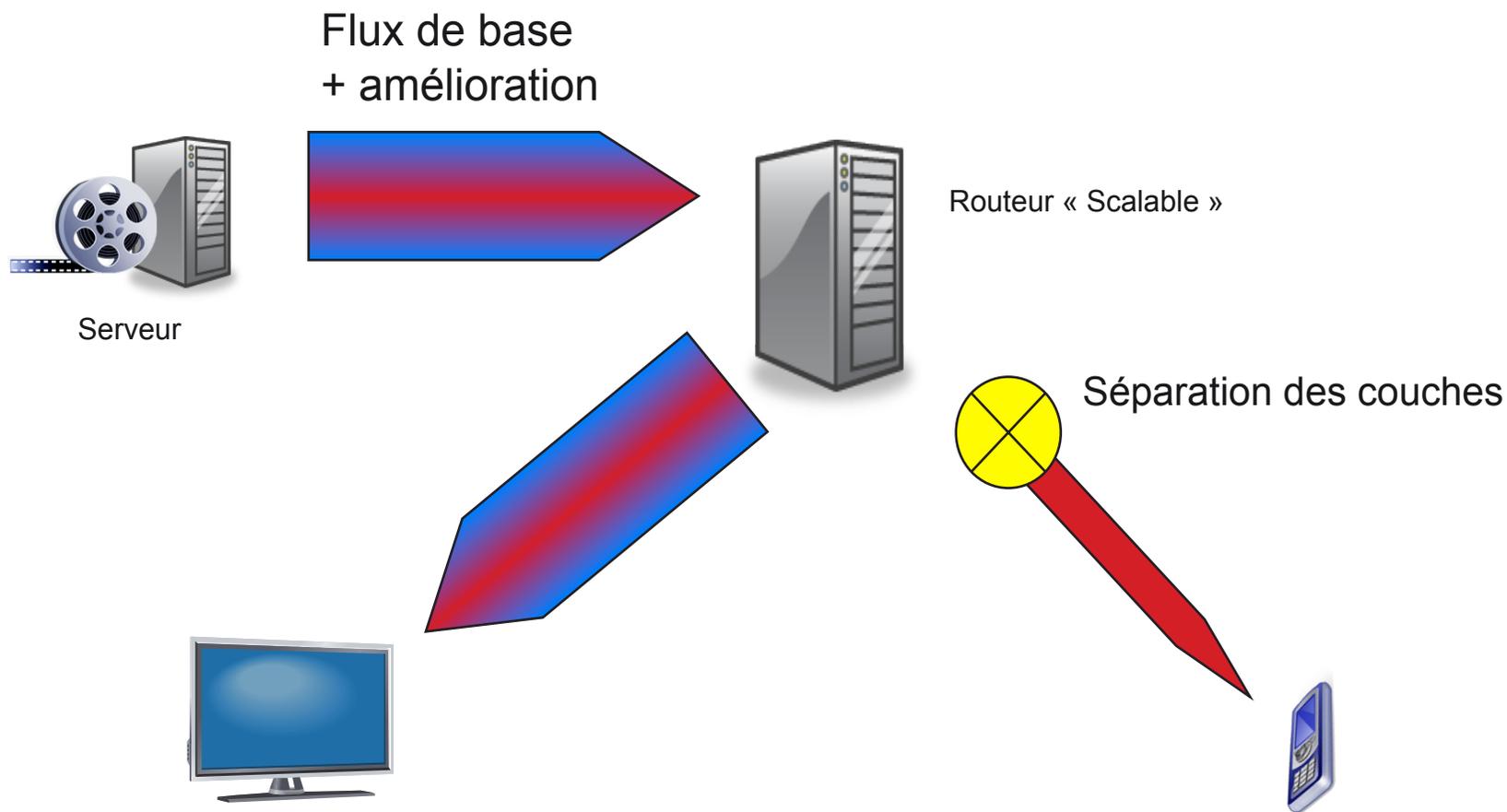


Scalabilité et Vidéo sur IP

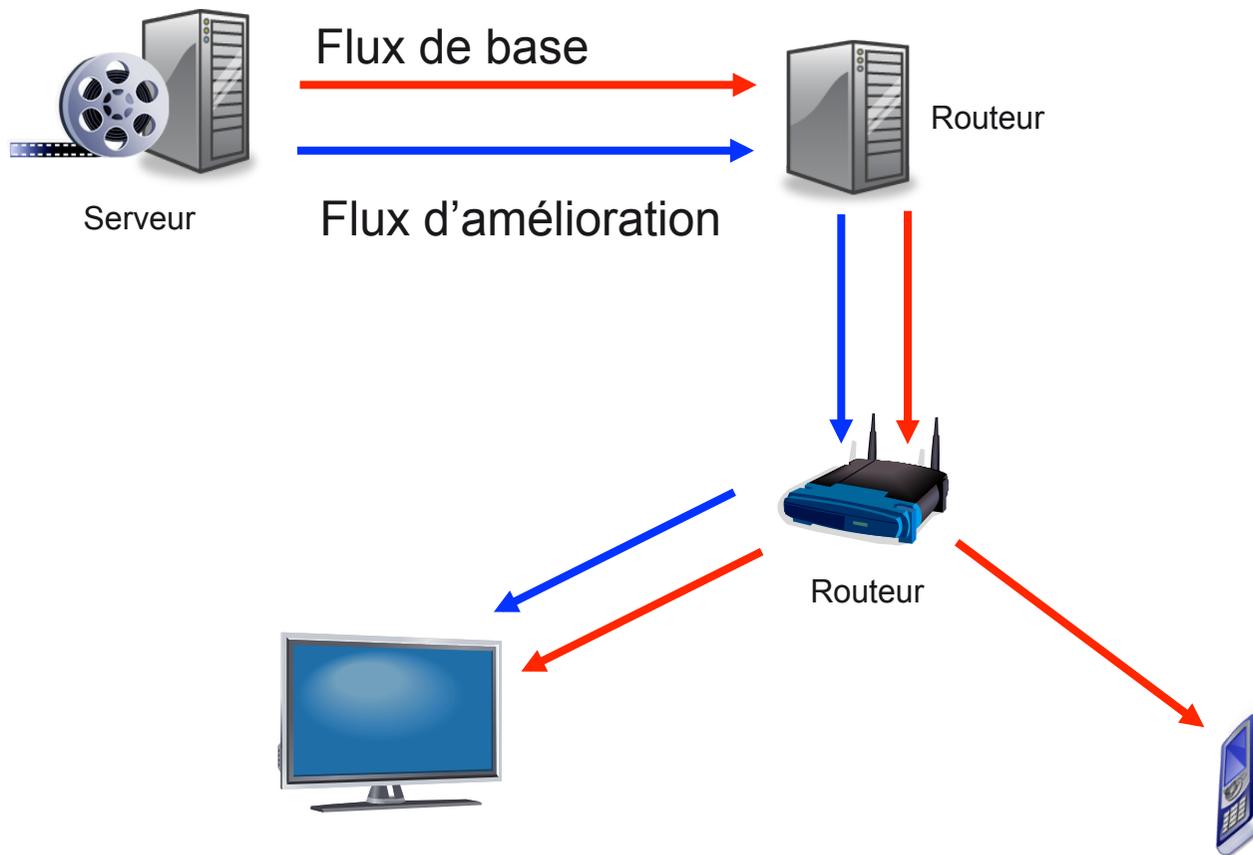


 Réplication de flux
(codage alternatifs non complémentaires)

Distribution Scalable Unicast



Distribution Scalable Multicast





Streaming sur IP

Protocoles





Rappels: IP, UDP, TCP

■ Internet Protocol

- RFC 791 (IPv4)
- Fragmentation des données
- Adressages source et destination

■ User Datagram Protocol

- RFC 768
- Multiplexage de données (port)

■ Transmission Control Protocol

- RFC 793
- Fiabilité de la transmission
 - Ordonnancement
 - Détection des pertes de données et récupération
 - Contrôle de flux (mémoire de réception)

- **Real-time Transport Protocol**
 - IETF, RFC 1889 -> RFC 3550
- **Transport de données média temps-réel**
 - Mode unicast et multicast
 - Conférence Audio/Vidéo, diffusion média
 - Indépendant des couches réseaux
 - Indépendant des médias transportés (audio, vidéo, application, ...)

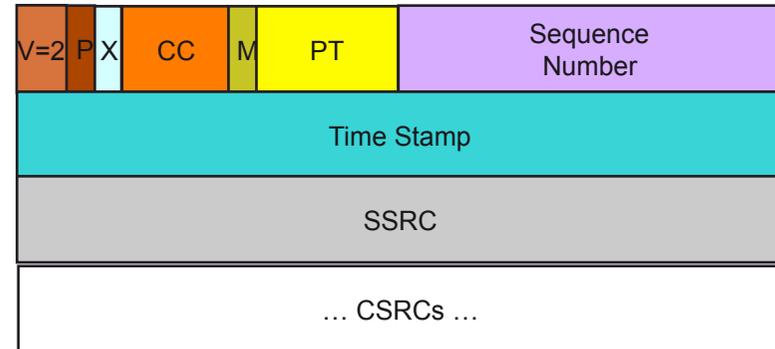
■ Principes d'utilisation

- Synchronisation de flux (estampilles temporelles)
- Détection des pertes et ré-ordonnement des paquets (numéro de séquence)
- Identification de l'émetteur (conférences)
- Segmentation/assemblages des données
 - Définit par IETF mais pas dans RTP
- Sécurisation des échanges (cryptographie, via SRTP – RFC 3711)



RTP Header – Vidéo sur IP

- **V (version)**
 - doit être égal à 2
- **P (padding)**
 - indique si du bourrage est utilisé.
 - Généralement 0 pour AV/IP
- **X (extension)**
 - indique si une extension est utilisée.
 - Généralement 0 pour AV/IP
- **CC (CSRC count)**
 - nombre de contributeurs aux données du paquet.
Généralement 0 pour la diffusion média, !=0 pour les conférences audio.
- **M (marker)**
 - dépendant du profile RTP.
 - RTP/AVP: Généralement pour AV/IP, indique les débuts de trames de codage.
- **PT (payload type)**
 - dépendant du profile RTP.
 - RTP/AVP: indique le type de média transporté



- **SN (Sequence number)**
 - numéro de séquence du paquet
- **TS (TimeStamp)**
 - estampille temporelle associée aux données.
- **SSRC**
 - identifiant de synchronisation de la source
- **CCRS**
 - liste des contributeurs aux données identifiés par SSRC (audio conférence)



■ RTP Audio-Video Profile

- Définit les besoins pour le transport AV

■ Formats de média (PayloadType)

- RTP/AVP réserve la plage [0, 95] pour certains médias (H263, ...) sauf 72 et 73 (réservés). RFC 3551
- Les autres types de média peuvent utiliser la plage [96, 127] via une configuration non-RTP (SDP ou autre)

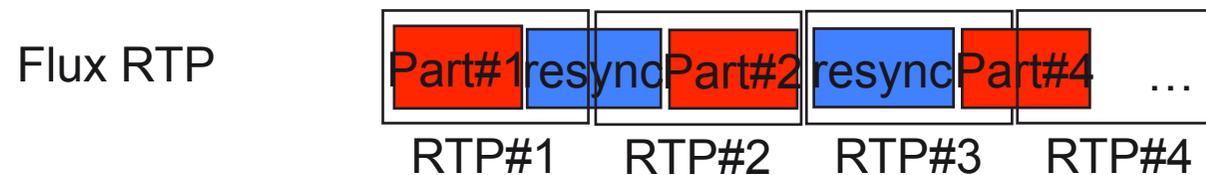
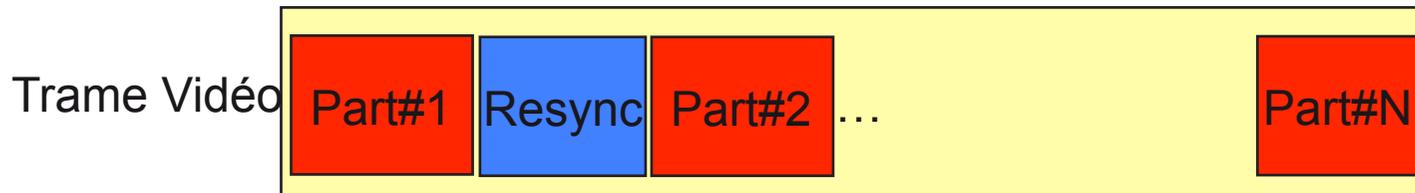


■ Principes Généraux

- RTP TS: temps de présentation des données
 - Envoi en ordre de décodage
 - Problématique pour les multiplexes
- Règles de mise en paquets:
 - Fragmentation d'AU possible (vidéo, ...)
 - Agrégation d'AU possible (audio, ...)
 - Agrégation de fragments interdite
- Configuration via SDP
 - Configuration des décodeurs
 - Configuration de payload
 - Profiles et Niveaux MPEG



Fragmentation



- RTP#1 Perdu => RTP#2 inutilisable
- RTP#2 Perdu => RTP#3 utilisable



RTP/AVP Payloads

- RFC 2190: Transport H263
- RFC 2250: MPEG-1 et MPEG-2 Audio et Vidéo
- RFC 3016: Transport MPEG-4 SP et AAC-LC
- RFC 3119: Transport MP3 amélioré
- RFC 3267: Transport AMR Audio
- RFC 3640: Transport de MPEG-4 ES
- RFC 3984: Transport AVC/H264



- **Contrôle du transport temps-réel**
 - RTCP, Real-time Control Transport Protocol
- **Défini parallèlement à RTP pour la mesure de QoS:**
 - pertes de paquets
 - Délai d'envoi et de retour
- **Fonctions d'identification**
 - Identifiant textuel de chaque source (CNAME)
 - Déclaration de départ hors d'une conférence (BYE)

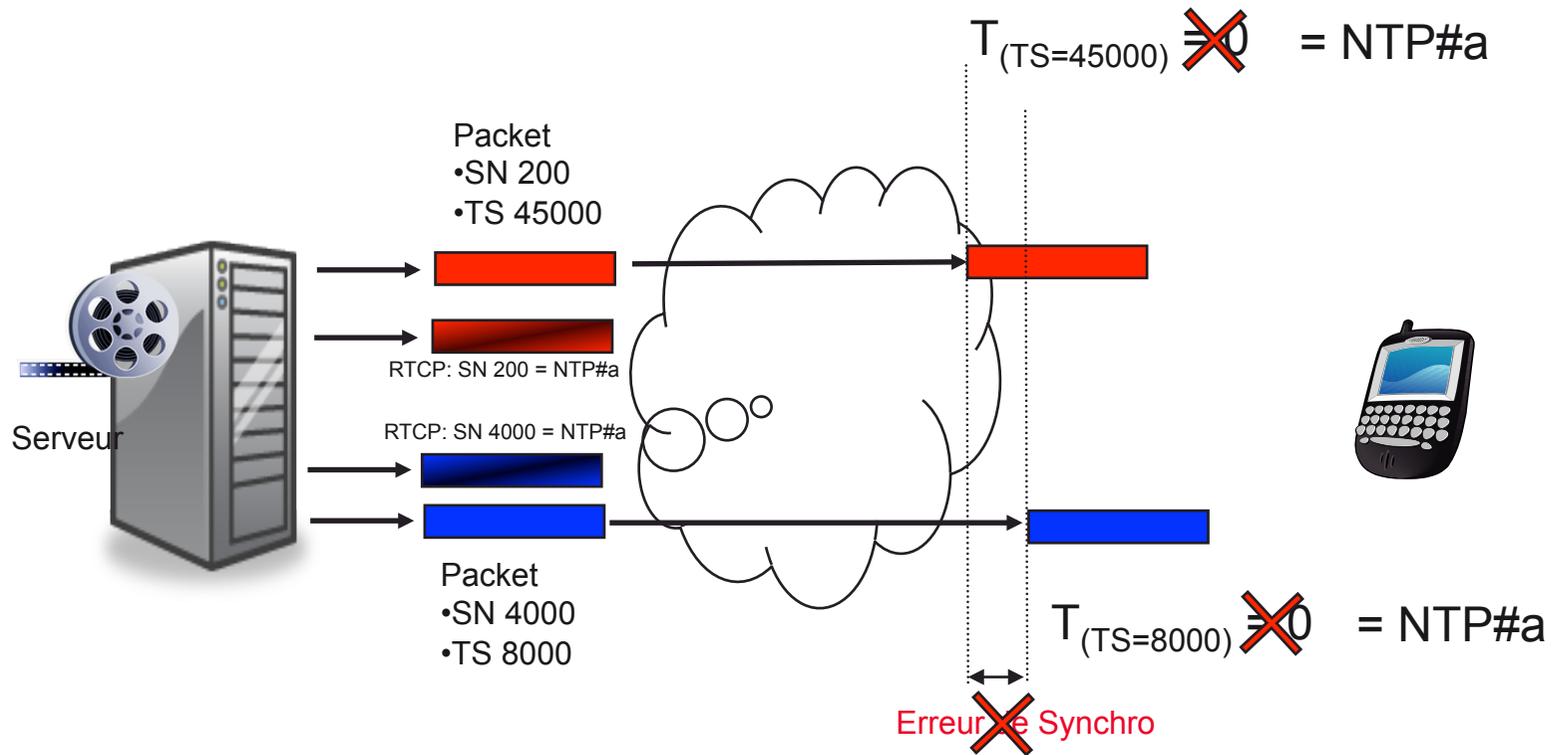


■ Rapports périodiques sur la qualité du trafic

- Émetteur(s) vers récepteur
 - Info de synchro de l'émetteur (NTP)
 - Nombres de paquets envoyés par l'émetteur
 - Par source,
 - Pertes de paquets
 - Écart de synchro de la source
 - Temps de dernier rapport (pour calcul de délai A/R)
- Récepteur vers émetteur(s)
 - Identifiant de synchro du récepteur
 - Par source, même info



RTCP Synchronisation





■ Ajustement du trafic

- Limiter les rapports RTCP pour limiter le trafic induit
- Limiter les rapports en fonctions du nombre de participants
- Trafic RTCP limité à 5% de la session RTP:
 - 25% pour les sources actives
 - 75% pour les récepteurs



■ Real Time Streaming Protocol

- IETF, RFC 2326
- RealNetworks, Netscape
 - QuickTime, Lecteurs Open Source
 - Microsoft (WM 9)

■ Contrôle de transport de données RTP

- Le « HTTP pour RTP »
- Distribution et annonces de session de streaming
- Gestion avancée de la session de streaming



RTSP: Particularités (1/2)

■ Indépendant de la couche TCP

- Label numérique pour chaque échange client-serveur
 - Supporte le ré-ordonnancement de paquets
 - Supporte la perte de paquet

■ Contrôle avancé

- Play, Pause, Record
- Lecture par segments: PLAY [0-10] [20-30]
- Gestion de paramètres (SET/GET)
 - Gestion des pertes de paquets
 - Contrôle explicite des débits
 - ...
- Gestion de flux synchronisés
 - agrégation de contrôle (1 commande pour N flux sync)



RTSP: Particularités (2/2)

- **Indépendant de la connexion au serveur**
 - Identifiant attribué à chaque session
 - Possibilité de travailler en mode:
 - Connecté permanent (rtsp://)
 - Possibilité de mise à jour de session (ANNOUNCE)
 - Connecté par requête (rtsp://)
 - Non connecté (rtspu://)
- **Mode entrelacé**
 - Envoi de données RTP sur la connexion TCP
 - Permet de passer outre certains blocages réseaux (firewall, ...)
- **Support du multicast**



RTSP: plan de contrôle

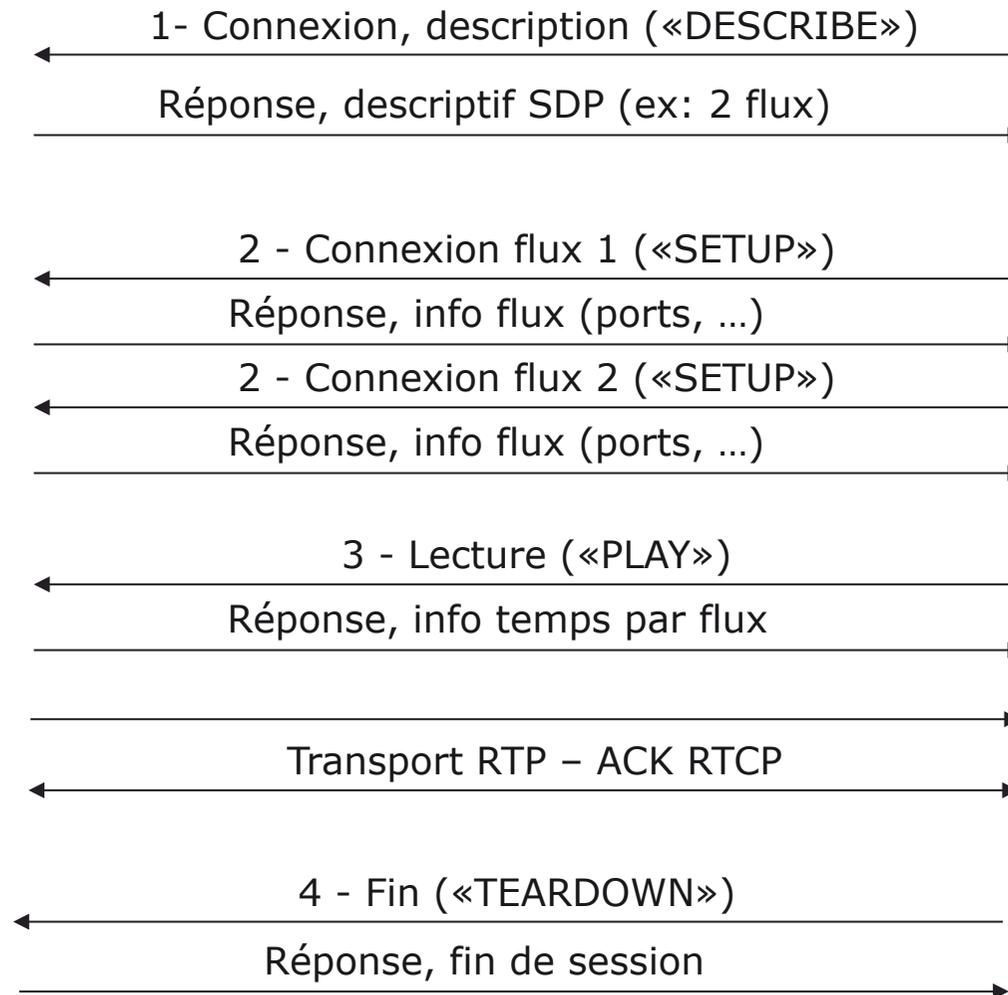
■ Machine à états

- Gérée via le SessionID
- Certaines méthodes uniquement

Méthode	Etat requis	Description
DESCRIBE	NON	C->S: Demande de description de session
ANNOUNCE	NON	C->S: Annonce d'une session (conférence, ...) S->C: Mise à jour de la session
SETUP	OUI	C->S: mise en place/à jour des paramètres de transport
PLAY	OUI	C->S: demande de lecture de média (tout ou partie)
PAUSE	OUI	C->S: arrêt de la lecture (immédiat ou différé)
RECORD	OUI	C->S: demande d'enregistrement sur le serveur (tout ou partie)
SET/GET_PARAMETER	NON	C->S, S->C: gestion de paramètres de session
REDIRECT	NON	S->C: indication de redirection
TEARDOWN	OUI	C->S: arrêt de flux ou de session



Session RTSP (1/2)





Session RTSP (2/2)

■ Utilisation typique

- Tous les flux connus avant la lecture
- Tous les flux connectés avant la lecture
- Contrôle de session, pas de flux

■ Limitation des serveurs

- Pas de gestion de base de temps multiples
- Pas d'insertion dynamique de flux

- **Session Description Protocol**
 - IETF, RFC 2327
- **Description de session**
 - Métadonnées (Qui, où, quand)
 - Description des médias (type, configuration de décodage)
 - Paramètres de transport (ports, protocoles, configuration réseau de la payload)



SDP: Exemple

```
v=0
o=DarwinStreamingServer 3357901904 1146138454000 IN IP4 137.194.65.248
s=Movie Channel #1
u=http://media.enst.fr/channels
e=admin@media.enst.fr
c=IN IP4 137.194.65.248
b=AS:435
t=0 0
a=control:*
a=range:npt=0- 194.87333 //durée de la session pour contrôle RTSP
m=video 8000 RTP/AVP 96 //media video
b=AS:313 //bande passante video
a=rtptime:96 MP4V-ES/90000 //format de transport (payload type et échelle de temps)
a=control:trackID=65736 //identifiant de control RTSP
a=fmtp:96 profile-level-id=3;
    config=000001b003000001b50900000100000001200086c7fffb0aad8482098a31000001b25876694430303239
    //configuration du media
m=audio 8002 RTP/AVP 97
b=AS:122
a=rtptime:97 MPA/90000/2
a=control:trackID=65636
```



Streaming sur IP

HTTP Streaming

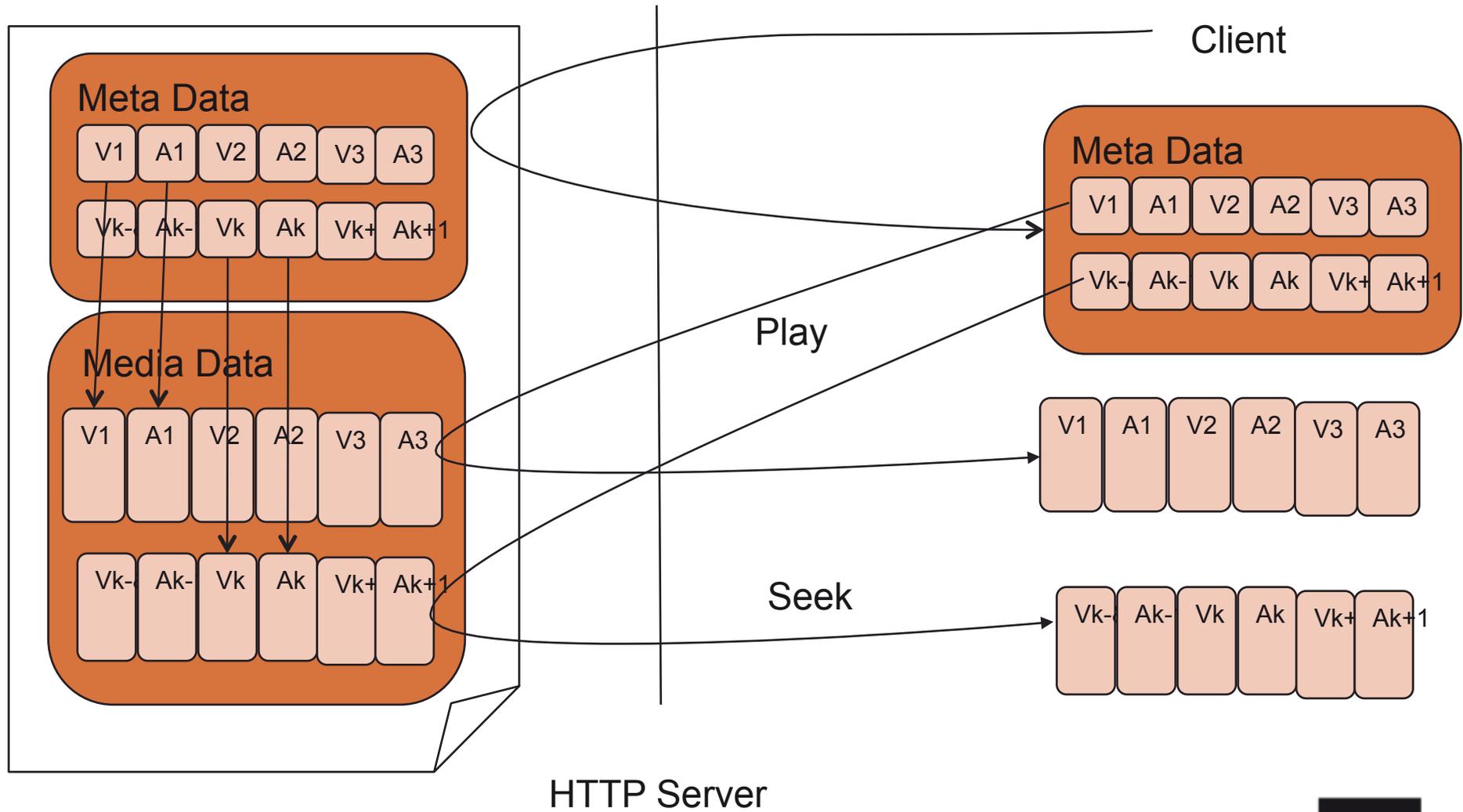




HTTP Streaming

- **Utilisation de HTTP pour le transport média**
 - Live ou VoD
 - Temps-réel (media) vs TCP
- **Principes VoD**
 - Toutes les méta-données au début du fichier
 - Récupération des données média via HTTP GET
 - SEEK: HTTP Partial GET pour des données plus « loin » dans le fichier

Exemple





Live HTTP Streaming

■ Problématique

- Impossibilité de produire un fichier décrivant un temps infini (live TV)

■ Solution

- Segmenter un fichier en petits sous-fichiers
- Reconstruire une liste de lecture à partir de ces sous-fichiers
- Optimisation
 - Sous-fichiers décrivant les points d'accès pour le temps différé (seek, fast-forward/rewind), en-dehors des meta-data

Exemple

