

Chapitre VII Mécanismes de QoS

Par Bambrik Ilyas

Applications temps réel

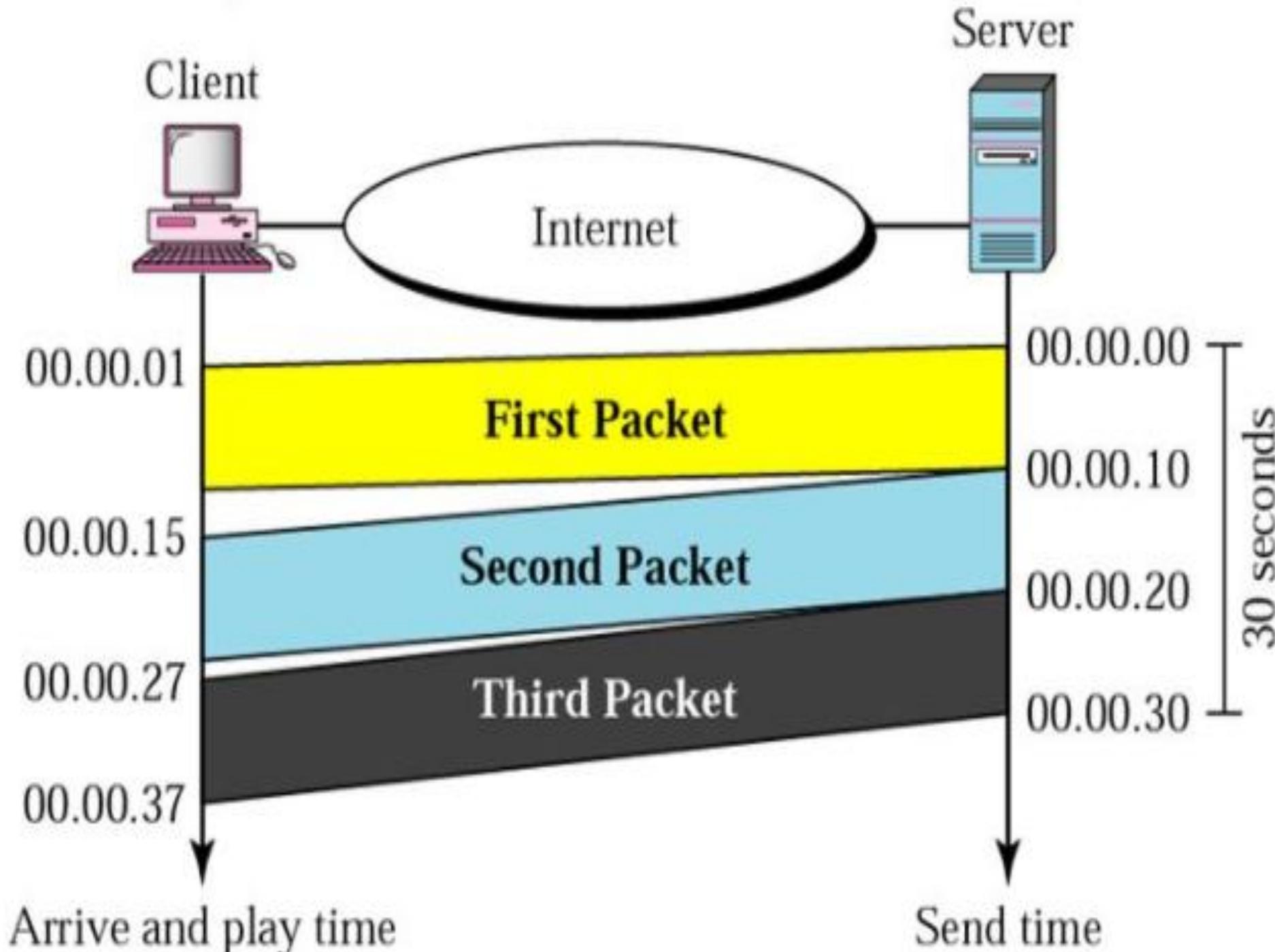
- Exemple: téléphonie, video conference
- Consiste à numériser un signal analogique (vidéo ou sonore) et la mise en disposition du contenu au récepteur en temps réel;
- Le récepteur décode le signal reçu et le transforme en signal analogique à nouveau;
- A ne pas confondre avec une simple transmission d'un fichier audio-visuel (le transfert de fichiers n'est pas une application temps réel);

Application temps réel

- Lors d'un appel téléphonique, le codec du transmetteur mesure l'amplitude du signal chaque $125\mu\text{s}$ (8000 fois chaque seconde) et l'encode sur 8 bits avant de le transmettre vers le récepteur;
- Ainsi, une conversation téléphonique dans seule direction nécessite 64kb/s ;
- Ce standard de conversation téléphonique est appelé PCM (Pulse Code Modulation);
- Afin de réduire la bande passante nécessaire pour une conversation téléphonique, trois opérations sont possibles:
 1. Réduire le nombre d'échantillons par seconde (réduit aussi la qualité du son reproduit chez le récepteur)
 2. Réduire le nombre de bits pour chaque échantillon (réduit aussi la qualité du son reproduit chez le récepteur)
 3. Application de la compression (introduit un délai supplémentaire chez le récepteur lors de la décompression)

Playback buffer

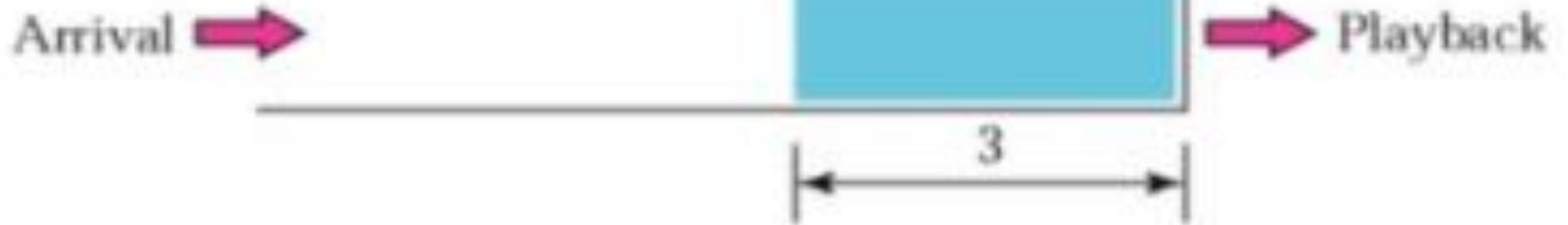
- **Rappel:** Les paquets IP d'un flux ne sont pas forcément transmis sur le même chemin pour atteindre la destination. Ainsi, les paquets n'arrivent pas au destinataire avec un rythme constant.
- Lors de la réception, le récepteur stocke les paquets reçus dans un tampon nommé Playback Buffer jusqu'à ce que celui-ci contiendra un certain seuil de paquets (mesuré en unité de temps);
- Ce seuil temporel est appelé niveau K;
- Après que le niveau atteint K, le récepteur commence à produire le signal en sortie en consommant les paquets reçus dans leurs ordres chronologique;
- Si les paquets reçus sont reçus au même rythme qu'ils sont consommés, il y aura pas de **variation de délai (gigue)**;
- Une grande taille du temps absorbe les variations des délais, mais introduit un délai de reproduction du signal;



At time 00:00:08



At time 00:00:18



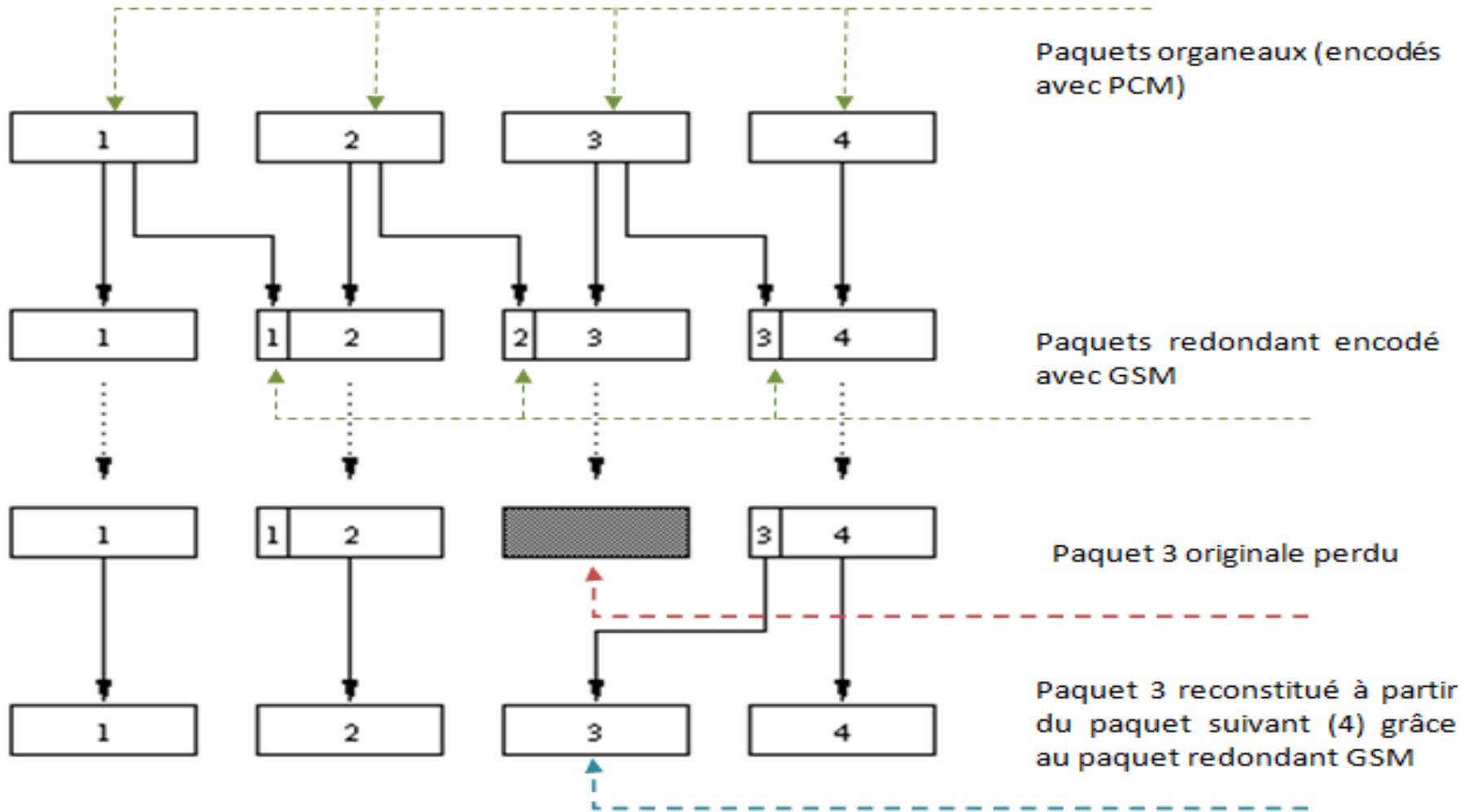
At time 00:00:28



Mécanismes pour récupération des pertes de paquets

- **Forward Error Correction (FEC):** Un simple astuce pour réduire les pertes des paquets consiste à retransmettre le même paquet. Ainsi, la probabilité que le paquet soit transmis avec succès est augmentée. Cependant, puisque chaque paquet est transmis deux fois, la bande passante nécessaire pour la transmission est doublée.
- Cette technique est appelée **FEC (Forward Error Correction)**;
- Afin de limiter la bande passante nécessaire en utilisant FEC, le transmetteur encode le paquet redondant avec un standard qui nécessite moins de bande passante.
- Par exemple: le transmetteur peut encoder les paquets organaux avec PCM (Pulse Code Modulation) qui nécessite 64kb/s . Pour les paquets redondants, le paquet est encodé avec GSM qui nécessite seulement 13kb/s;

Exemple Forward Error Correction (FEC)



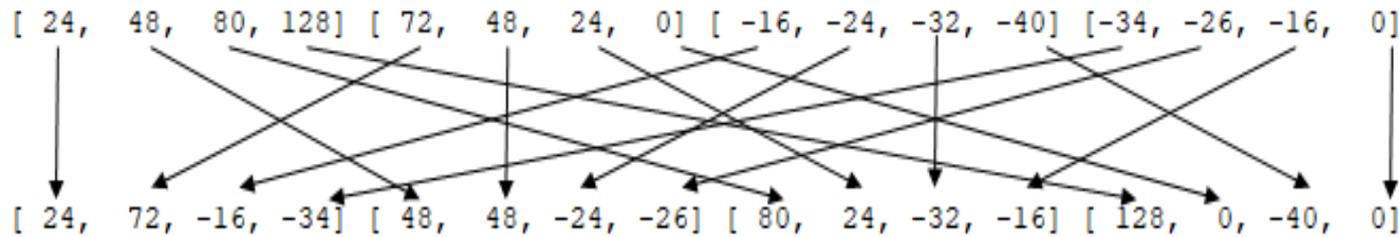
Exemple Forward Error Correction (FEC)

- Dans l'exemple précédant, l'intervalle d'échantillonnage i est encodée avec PCM dans le i^{em} paquet;
- Le paquet $i+1$ contient l'intervalle d'échantillonnage $i+1$ encodée avec PCM ainsi que l'intervalle d'échantillonnage précédente (du i em paquet) encodée avec GSM;
- Si un paquet j est perdu, celui-ci est récupéré depuis le paquet $j+1$ en utilisant son encodage GSM;
- La qualité de son reproduit par le décodage de GSM chez le récepteur est moins bonne que la qualité de PCM.
Cependant, GSM consomme moins de bande passante (GSM génère 13kb/s et PCM 64kb/s) ;

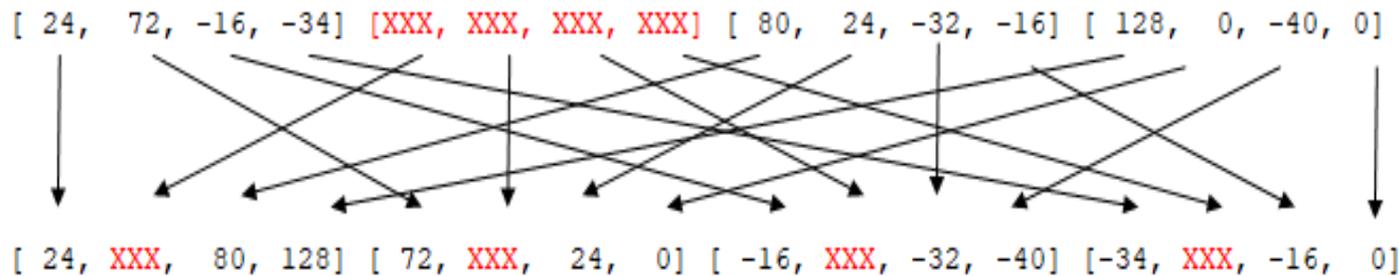
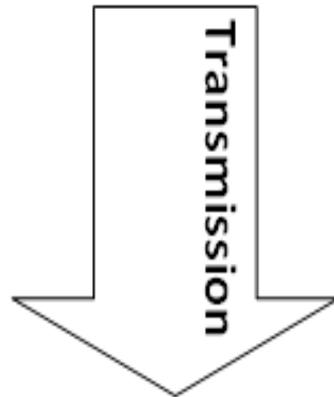
Interleaving

- Une autre technique appelée **Interleaving** permet de récupérer les valeurs d'un paquet sans le retransmettre (et ainsi, sans consommation supplémentaire de la bande passante);
- Pour réaliser cette technique, les paquets sont regroupés dans des groupes de N paquets où chaque paquet est de taille N octets;
- L'**octet numéro i du paquet** (intervalle d'échantillonnage) **numéro k du même groupe** sera placé dans le **paquet numéro i à la position k** ;
- Le récepteur ne peut reconstruire les paquets que lorsque le dernier paquet du groupe est reçu (N^{em} paquet contenant l'ensemble des octets à la N^{em} position de chaque paquet dans le groupe);
- Après la réception du groupe complet des paquets, les octets sont réordonnés à leurs positions originales;
- Si un paquet j est perdu lors de la transmission, **le j^{em} octet de chaque intervalle d'échantillonnage sera perdu**. Dans ce cas, le récepteur peut simplement ignorer l'octet perdu ou le remplacer par la moyenne entre $j-1$ et $j+1$;

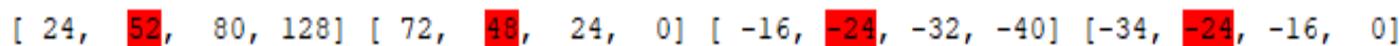
Exemple Interleaving



Interleaving



Réorganisation des octets



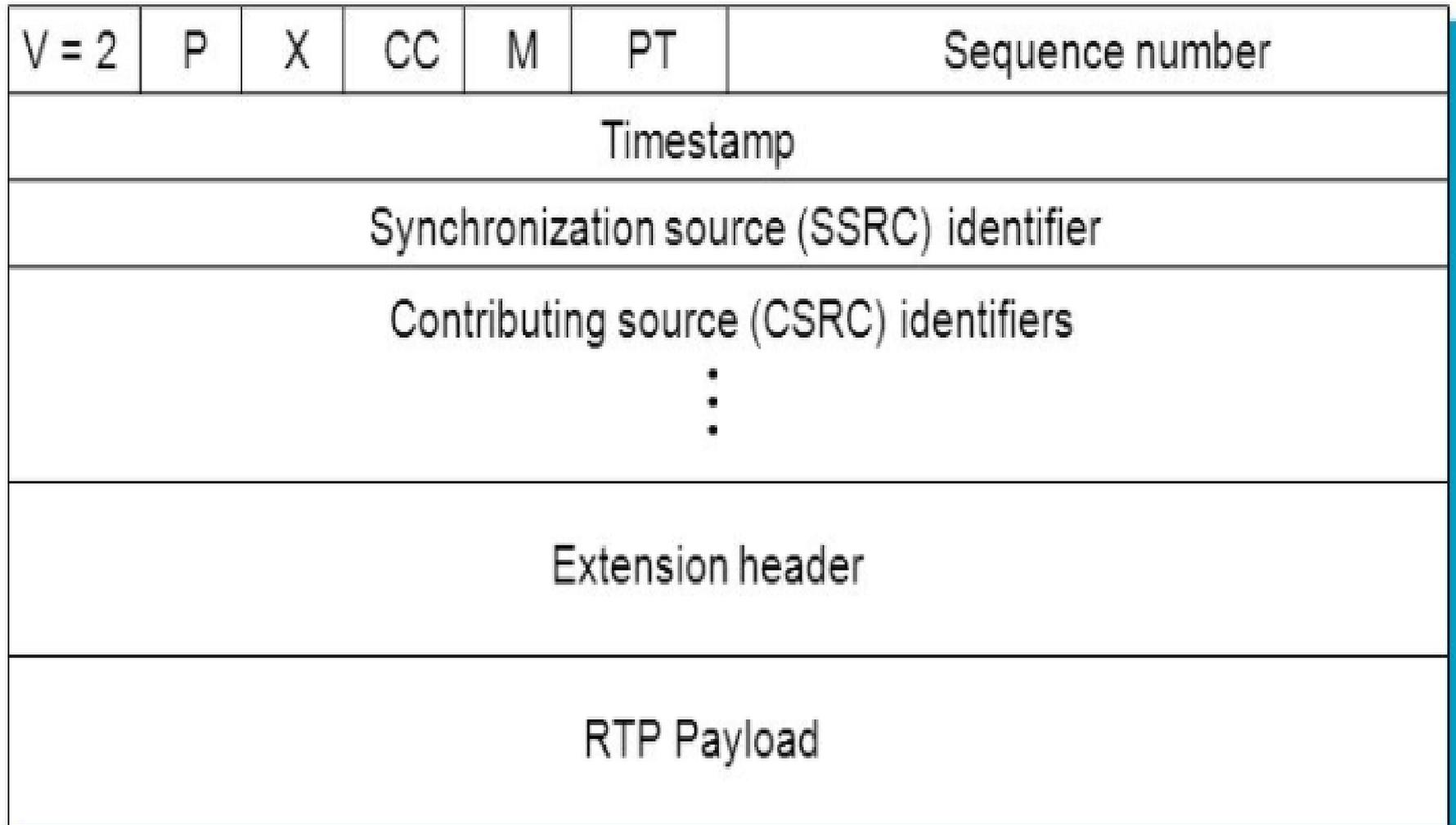
Correction par interpolation

Exemple Interleaving

- L'exemple présenté dans la figure montre une transmission d'un groupe de 4 paquets ($N=4$) avec la perte du 2^{em} paquet;
- Lorsque le récepteur aperçoit que le 2^{em} paquet a été perdu, les valeurs placées à la 2^{em} position de chaque paquet sont remplacés par la moyenne entre le 1^{er} et le 3^{em} octet;
- La moyenne entre les deux octet donne une approximation suffisante de la valeur originale lorsque la distance entre les valeurs échantillonnées est étroite (période d'échantillonnage limitée);
- **Remarque:** Si plusieurs paquet consécutives sont perdus, le résultat de la restauration des valeurs est moins précis;
- Avec l'augmentation de la taille du groupe (N), le transmetteur doit produire N paquet avec de les transmettre. Ainsi, le délai de transmission augmente avec l'augmentation de N .

Realtime Transfert Protocol

- Utilisé pour transmettre un flux video ou audio en temps réel (pour une video conférence un flux audio est transporté indépendamment du flux audio);
- Encapsulé avec UDP mais n'a pas un port fixe connu (comme DNS, HTTP, etc);
- Permet l'interopérabilité entre applications réseaux si celles-ci utilisent RTP;
- Les valeurs d'échantillons sont concaténés dans un segment, et celui-ci est encapsulé par un entête RTP avant d'être transmis;



Entête RTP

Entête RTP

- **V (Version 2 bits):** version du protocole;
- **P (1bit):** indique s'il y a des bites de bourrage à la fin des données transportés;
- **X (1 bit):** indique si le numéro de séquence est étendu (l'extension du numéro de séquence sera placée dans le champs **Extension en cas où X==1**);
- **CC (4bits):** nombre de sources qui contribuent au contenu;
- **PT (Payload Type 7bits):** type de l'encodage des données transportées (par exemple: 0 = encodage PCM, 3 = encodage GSM, 33 = encodage MPEG, etc). Ainsi, le transmetteur peut changer de méthode d'encodage au cours de la session;
- **Sequence number(16 bits):** permet d'identifier si des paquets ont été perdus et de réordonner les paquets au niveau du récepteur;
- **TimeStamp (32 bits):** temps de génération du premier octet situé dans le payload;
- **SSRC (32 bits):** identifiant unique de la source du flux;
- **CSRC (CC x 32 bits):** liste de générateurs des données contenus dans ce flux;
- **Extension (taille variable):** champ supplémentaire qui peut être utilisé en cas où le numéro de séquence est étendu (+16bits);
- **Payload (taille variable):** contient les données transportées par le paquet RTP;

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- Fonctionne en conjonction avec RTP sur un autre port UDP;
- Chaque participant dans une session RTP transmet périodiquement des paquets RTCP;
- Cinq types de messages RTCP existent:
 1. **Receiver Report:** contient des statistiques sur le flux reçu (gigue, taux de perte détecté, dernier numéro de séquence reçu); Ces informations peuvent être utilisés pour adapter la transmission;
 2. **Sender Report:** temps actuel, SSRC du transmetteur, nombre de paquets émis, quantité de données transmis (en octets);
 3. **Sender Description:** Email, nom de la machine, SSRC
 4. **Bye:** Signifie que le transmetteur quitte la session;
 5. **Application Specific:** Contenu spéciale à l'application qui accompagne le flux RTP (par exemple se type de message peut contenir sous-titrage pour une video) ;