

# Optimisation des liaisons AoIP avec les codecs AETA

## Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Composantes de la qualité d'une liaison AoIP.....</b>	<b>1</b>
2.1. Qualité audio du codage .....	1
2.2. Qualité de service réseau (QoS).....	1
2.3. Latence globale.....	2
<b>3. Impacts des divers réglages disponibles .....</b>	<b>3</b>
3.1. Codage de compression .....	3
3.2. Taille du jitter buffer .....	3
3.3. Redondance.....	4
3.4. Chemins réseau multiples .....	4
3.5. Tableau de synthèse.....	5
<b>4. Boîte à outils AETA.....</b>	<b>6</b>
4.1. Outils d'amélioration de la robustesse.....	6
4.2. Outils de simplification.....	6
<b>5. Exemples de cas.....</b>	<b>8</b>

## 1. Introduction

Cette note décrit les paramètres qui peuvent influencer sur la qualité des liaisons AoIP, et détaille les effets spécifiques des divers réglages et techniques disponibles pour optimiser ces liaisons.

Nous décrivons aussi les outils accessibles pour aider ou faciliter ces réglages.

En règle générale, l'utilisation du protocole SIP et d'un serveur SIP sont recommandées, au moins pour faciliter l'établissement des liaisons. Cependant, certains réglages ou méthodes mentionnés ici restent pertinents même si l'on utilise des modes de fonctionnement plus basiques.

## 2. Composantes de la qualité d'une liaison AoIP

### 2.1. Qualité audio du codage

La performance du codage audio utilisé est une composante essentielle, mais non spécifique aux transmissions IP. Cependant, le débit de données à transmettre possède un impact, et les codages offrant plus de souplesse sur ce plan sont utiles pour l'optimisation des liaisons.

### 2.2. Qualité de service réseau (QoS)

A travers un réseau de transmission IP, la qualité de service peut être analysée et mesurée selon divers critères.

#### 2.2.1. Disponibilité

La disponibilité, souvent mesurée en proportion du temps pendant lequel le réseau est opérationnel, est un élément évidemment important pour la mise en œuvre de liaisons.

### 2.2.2. Pertes de données

Les erreurs de transmission et pertes de données se manifestent sur les réseaux IP par des pertes de paquets. Une des causes les plus fréquentes est la congestion des réseaux, par exemple lorsqu'un routeur saturé élimine des paquets sans les transférer.

Les pertes de paquets affectent fortement la transmission de flux média en temps réel dans la mesure où ces flux utilisent habituellement le protocole UDP.

### 2.2.3. Latence

Nous parlons ici de la latence du réseau: délai de transmission de l'émetteur d'un paquet vers sa destination. Une latence élevée n'est pas en soi un défaut de qualité mais elle peut limiter les performances de transmission dans certaines configurations.

### 2.2.4. Gigue de transmission (jitter)

Dans un réseau idéal, la latence ci-dessus serait une constante déterministe. En fait ce n'est pas le cas en situation réelle; le délai varie d'un paquet à l'autre, à cause de variations dans le traitement par les routeurs sur le chemin, voire à cause de changements de route. Un flux régulier à la source arrive donc de manière plus ou moins irrégulière, phénomène appelé "gigue" (*jitter*).

La gigue est un défaut critique pour un flux média, qui exige une restitution régulière et sans interruption. Pour la compenser, un récepteur de flux utilise un tampon de réception (*jitter buffer*) qui absorbe les variations.

## 2.3. Latence globale

La latence globale, délai de transmission de la source audio vers la restitution du son à la destination, est une caractéristique très critique pour beaucoup d'applications de transmission audio en temps réel. Cette latence est une somme de facteurs:

- Latence du traitement audio dans les équipements concernés, en général négligeable dans le contexte d'une liaison AoIP.
- Latence liée au **codage** audio: celle-ci est très variable selon l'algorithme de codage, et certains peuvent atteindre une latence très élevée.
- Latence due au **réseau** comme décrite ci-dessus (2.2.3).
- Latence du **tampon de réception**: par nature ce tampon applique un délai, plus long si le tampon peut absorber une gigue élevée. Inversement un tampon de faible taille ne peut gérer qu'une gigue limitée.

Cette multiplicité de facteurs rend délicate l'optimisation de la latence.

### 3. Impacts des divers réglages disponibles

#### 3.1. Codage de compression

Mis à part la fidélité ou "transparence" du codage, un élément qui possède un impact significatif est le débit de transmission. Un flux de débit faible est, en règle générale, moins susceptible de souffrir de dégradation liée à la congestion du réseau.

Autrement dit, on peut dans une situation de trafic chargé sur le réseau, chercher à réduire les perturbations en optant pour un débit plus faible. Cela n'est pas possible pour tous les codages, par exemple les codages G711/G722 sont à débit fixe.

Par ailleurs les codages plus performants en termes de taux de compression sont avantageux, permettant une meilleure qualité audio à un débit donné.

Un autre impact majeur du choix de codage est la latence de codage, très diverse selon les algorithmes. Les algorithmes à faible latence sont préférables lorsque ce critère est critique pour l'application visée.

L'algorithme Opus est particulièrement intéressant sur les deux plans, puisqu'en même temps il présente une très bonne efficacité de compression, un débit réglable de manière très souple, et une latence faible. Enfin, un gros avantage est sa capacité à changer de débit à la volée, sans interrompre ni perturber la transmission.

#### 3.2. Taille du jitter buffer

Un tampon plus grand ou "profond" absorbe des fluctuations fortes, tandis qu'un tampon de petite taille peut être insuffisant pour cela. Cependant un tampon de grande taille implique aussi une latence plus élevée.

Le réglage de la taille du tampon est donc un compromis entre deux besoins antagonistes:

- Pour une stabilité maximale face à des perturbations réseau importantes, il est préférable de sélectionner une grande taille du tampon.
- Mais il faut réduire cette taille si on souhaite limiter la latence.

Sur un codec AETA, c'est ce choix qui est derrière le réglage "Qualité réseau" proposé pour chaque interface de transmission IP: une mauvaise qualité réseau impose un tampon plus grand au prix d'une latence plus élevée, tandis qu'une bonne qualité autorise un tampon plus petit et une faible latence.

Notes importantes:

- Ce réglage sur un appareil affecte la qualité en *réception*; il n'a pas d'effet sur la qualité du sens "émission" vers l'appareil distant.
- La taille du tampon de réception n'a pas d'influence directe sur la tolérance aux pertes de paquets. Au contraire, un *jitter buffer* surdimensionné peut même aggraver les effets indésirables lors d'une coupure momentanée de la réception.

### **3.3. Redondance**

Avec un streaming UDP, les paquets perdus ne sont pas retransmis et provoquent s'ils sont nombreux des coupures et bruits indésirables. La redondance est une parade contre ce problème, avec le système *Forward Error Correction* (FEC): des données redondantes sont transmises en même temps que le flux, et le récepteur peut reconstituer les informations manquantes sans interaction avec la source. La tolérance aux pertes peut être considérablement augmentée. Ceci présente malheureusement aussi des inconvénients:

- Le débit est augmenté, en proportion du taux de redondance; cela peut dégrader la qualité de transmission et donc contrarier les améliorations.
- La latence est en général augmentée.

Les codecs AETA proposent une variante 100% avec une duplication totale des paquets; cette option présente l'avantage d'une latence supplémentaire très faible.

### **3.4. Chemins réseau multiples**

Utiliser plus d'un chemin pour la transmission du flux média est un moyen puissant de renforcer la robustesse; sur les codecs AETA il s'agit du "Double Streaming" qui permet de transmettre en même temps sur deux accès réseau.

Le cas le plus efficace est une variante "diversité spatiale" de la redondance à 100%: le même flux est transmis simultanément à travers deux routes. Cette technique apporte de gros avantages:

- Les paquets perdus sur une branche sont presque toujours bien reçus sur l'autre, puisque les deux routes sont indépendantes. Le taux de pertes global reste très faible même avec deux chemins de qualité médiocre.
- Au pire, la perte complète d'une des deux routes ne dégrade que peu la qualité globale.
- Le système ne surcharge aucune des deux routes, contrairement à la redondance évoquée plus haut.
- La latence n'est que peu ou pas affectée.

Un autre cas est la répartition du flux sur les deux routes ("bonding"):

- La charge est partagée sur les deux chemins, donc de débit plus réduit sur chacun, susceptible d'être mieux adapté à un réseau très chargé.
- En revanche, la vulnérabilité à une coupure de transmission temporaire ou permanente est augmentée par rapport à la transmission normale via une route unique.

### 3.5. Tableau de synthèse

Le tableau ci-dessous récapitule les divers leviers qui permettent d'agir sur la qualité de transmission, en rappelant leurs points forts et faibles respectifs.

Action	Avantages	Inconvénients	Notes et compléments
<b>Réduction du débit</b>	Moins de demande sur le réseau donc moins de risque de saturation	Baisse de qualité audio si le débit est très bas Impossible pour certains codages	Préférer les codages à forte efficacité: HE-AAC, Opus Opus permet d'agir en temps réel
<b>Augmentation de la taille du jitter buffer</b> (Réglage "Qualité réseau" plus pessimiste)	Meilleure tolérance à la gigue	Latence plus élevée	Effectif en <i>réception</i> seulement
<b>Duplication de paquets</b>	Tolérance aux pertes améliorée	Débit réseau doublé: risque d'aggravation de la congestion sur un réseau chargé	Combiner avec un débit de codage réduit pour compenser l'augmentation Effectif en <i>émission</i> seulement
<b>Double Streaming (Diversité 100%)</b>	Tolérance aux pertes très élevée, y compris perte totale d'un des flux	Nécessite d'utiliser deux moyens de transmission, relative complexité	Uniquement avec SIP
<b>Double Streaming (Répartition "Bonding")</b>	Réduction du débit sur chaque accès utilisé: potentiellement moins de congestion	Nécessite d'utiliser deux moyens de transmission, relative complexité Vulnérabilité augmentée aux perturbations réseau	Uniquement avec SIP

## 4. Boîte à outils AETA

### 4.1. Outils d'amélioration de la robustesse

Ces outils permettent de mettre en œuvre une transmission avec redondance pour renforcer la robustesse des liaisons sujettes à des pertes de données.

#### 4.1.1. Duplication de paquets

Les codecs AETA proposent, parmi les paramètres AoIP, un mode de transmission RTP à robustesse renforcée par duplication de paquets. Lorsque ce mode est activé, chaque paquet est transmis deux fois ; avec ce système un paquet perdu n'aura aucun effet car le récepteur recevra intacte l'autre copie du paquet. On obtient ainsi des liaisons stables même avec un taux de perte de paquets important. Bien entendu, la contrepartie est un débit doublé ; il faut donc s'assurer que ce débit reste compatible avec le moyen de transmission utilisé.

Deux variantes de la duplication sont disponibles :

- Duplication de paquets sans entrelacement.
- Duplication de paquets avec entrelacement: le deuxième paquet est décalé dans le temps ; la robustesse est renforcée mais la latence est légèrement augmentée.

*Vous pouvez consulter les manuels d'utilisation pour les détails de mise en œuvre.*

#### 4.1.2. Double Streaming

Le Double Streaming repose sur l'établissement de deux liaisons SIP simultanées mais par deux routes distinctes. Sur chaque codec, une interface de transmission spécifique peut être choisie pour chacune des deux connexions AoIP. On peut ainsi créer deux routes indépendantes, dont les défauts éventuels ne seront pas corrélés. Ces deux routes peuvent être exploitées selon les deux techniques qui suivent.

Dans le cas de la redondance en "diversité", la liaison secondaire transporte une copie du flux audio de la liaison principale. Le codec qui reçoit les deux flux (normalement) identiques les recombine en éliminant les doublons. Cette technique est très efficace pour obtenir une liaison robuste résistant même à la perte complète d'une des liaisons.

Dans le cas de la répartition ou "bonding", le flux initial émis par le codeur audio est distribué sur les deux liaisons. A la réception des deux flux à l'autre extrémité, les données sont recombinaées pour reconstituer le flux initial. Ainsi chacune ne transporte qu'un débit inférieur (typiquement de moitié), mieux susceptible d'être transmis correctement si les liaisons ont un débit restreint.

La mise en œuvre et les réglages de l'outil "Double Streaming" sont décrits en détail dans une note d'application, disponible sur le site web AETA:

["Utilisation de la fonction Double Streaming et Bonding"](#)

### 4.2. Outils de simplification

Les réglages ou interventions sur le débit de codage ou la taille du *jitter buffer* peuvent sembler complexes, et nécessitent parfois des essais de transmission pour rechercher par itération les réglages adaptés, en s'aidant des mesures de qualité produites par les codecs.

Les outils "Auto Bit Rate Opus" et "Auto Jitter Buffer" sont des moyens de faciliter ces réglages. Ils sont présentés de manière succincte ci-dessous, mais une note d'application, disponible sur le site web AETA, décrit tous les détails sur la mise en œuvre et les réglages de ces outils:

["Utilisation Auto Bit Rate et Auto Jitter Buffer"](#)

#### **4.2.1. Auto Bit Rate Opus**

Avec un codage à débit ajustable tel qu'Opus, le choix du débit est d'habitude un compromis entre deux besoins antagonistes:

- La recherche de la meilleure qualité audio amène naturellement à préférer un débit le plus élevé possible;
- Mais un débit restreint est préférable pour minimiser les risques de pertes de paquets lorsque le réseau est chargé voire congestionné.

Le système de débit automatique va éviter de faire ce choix a priori, en ajustant automatiquement le débit en cours de transmission. Si la qualité se dégrade le système va réduire le débit pour rechercher une meilleure robustesse, à l'inverse il va augmenter ce débit si la qualité est bonne et stable.

Ce système ne fonctionne qu'avec le codage Opus. Il n'est pas compatible avec le "Double Streaming".

#### **4.2.2. Auto Jitter Buffer**

Le réglage de la taille du tampon est un compromis entre deux besoins antagonistes:

- Pour une stabilité maximale face à des perturbations réseau importantes, il est préférable de sélectionner une grande taille du tampon.
- Mais il faut réduire cette taille si on souhaite limiter la latence.

Le réglage adapté peut être délicat à effectuer; par exemple il peut être facilité par un essai de liaison et l'observation des mesures de qualité disponibles (mesure de gigue en l'occurrence).

Le système de tampon adaptatif "Auto Jitter Buffer" va éviter de faire ce choix a priori, en ajustant automatiquement le tampon en cours de transmission. Si la gigue augmente le système va augmenter la taille du tampon pour rechercher une meilleure stabilité, à l'inverse il va réduire sa taille si la gigue se révèle faible, réduisant ainsi la latence.

Le système est actif quel que soit le protocole AoIP, que SIP soit utilisé ou non. Il n'est pas actif avec les codages 4SB ou CELP.

## 5. Exemples de cas

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de cas concrets avec les actions qui peuvent être menées pour compenser des problèmes de qualité ou simplifier l'utilisation.

Problème ou situation	Symptômes	Actions	Notes et compléments
<b>Nombreuses pertes de paquets</b>	<p>Nombreuses coupures audio.</p> <p>Indicateur de qualité réseau: basse qualité.</p> <p>Statistiques détaillées: nombreux paquets perdus.</p>	Réduire le débit	Opus permet en temps réel de modifier le débit et suivre l'effet sur la qualité
		Activer la duplication de paquets <i>sur le codec distant</i>	Peut être contre-productif si le problème vient de la congestion du réseau. Combiner avec la réduction de débit et préférer les codages à forte efficacité: HE-AAC, Opus
		Mettre en œuvre le Double Streaming en diversité	Résiste à de longues interruptions sur une interface pendant la transmission, même une perte totale. Le codec distant doit aussi appliquer la technique.
<b>Gigue très élevée sur la liaison</b>	<p>Coupures audio.</p> <p>Indicateur de qualité réseau: qualité dégradée.</p> <p>Statistiques détaillées: gigue élevée, nombreux paquets rejetés ou hors séquence.</p>	Augmenter la taille du jitter buffer: réglage "Qualité réseau" plus pessimiste	Effectif en <i>réception</i> seulement
<b>L'utilisateur ne peut pas maîtriser les réglages d'optimisation</b> (opération extérieure)		Utiliser les réglages automatiques : Auto Jitter Buffer et Auto Bit Rate Opus	Les réglages ne seront pas nécessairement optimaux
<b>Bande passante insuffisante sur la liaison</b>	<p>Information <i>a priori</i> sur une limitation de bande passante.</p> <p>Audio haché.</p> <p>Statistiques détaillées: très nombreuses pertes de paquets.</p>	Réduire le débit	Préférer les codages à forte efficacité: HE-AAC, Opus. Opus permet en temps réel de modifier le débit et suivre l'effet sur la qualité
		Mettre en œuvre le Double Streaming en mode "bonding"	Le codec distant doit aussi appliquer la technique. Chacune des liaisons doit être stable.
<b>Nécessité d'une latence faible et/ou stable</b>		<p>Préférer Opus pour une latence plus faible.</p> <p>Ne pas utiliser le réglage automatique Auto Jitter Buffer.</p>	