

MODULE C

THÉORIE DE LA COMMUNICATION

GESTION DE LA LATENCE

La latence, ou délai temporel, est un élément critique à prendre en compte dans les flux audio et vidéo, afin d'éviter les situations où le son précède ou suit l'action visuelle.

Les techniques de compensation de la latence comprennent l'optimisation des protocoles de transmission, l'utilisation d'algorithmes de compression avancés et la mise en œuvre d'une mise en mémoire tampon intelligente. L'objectif principal est de minimiser l'écart temporel entre l'enregistrement et la lecture.

Le traitement de la latence dans les flux audio et vidéo et la garantie d'une synchronisation précise sont des aspects cruciaux pour offrir une expérience multimédia de haute qualité, en particulier dans les contextes de consommation où la synchronisation et l'alignement sont essentiels.

LATENCE AUDIO

Plus précisément, il s'agit du temps qui s'écoule entre le moment où un signal entrant est introduit dans un appareil d'enregistrement, une station de travail audio numérique ou un logiciel de diffusion en continu, et le moment où le signal sortant est émis par des haut-parleurs ou diffusé par des écouteurs. Ce délai est généralement mesuré en échantillons par milliseconde.

La latence peut également être définie comme le temps qu'il faut à un signal audio pour:

- être introduit dans un préamplificateur;
- accéder à l'interface audio ;
- faire l'objet d'une conversion analogique-numérique ;
- être acquis par un logiciel de streaming ou DAW ;
- sont lus et traités par le logiciel de streaming ou DAW ;
- faire l'objet d'une conversion numérique-analogique ;
- sortir des haut-parleurs ou des écouteurs.

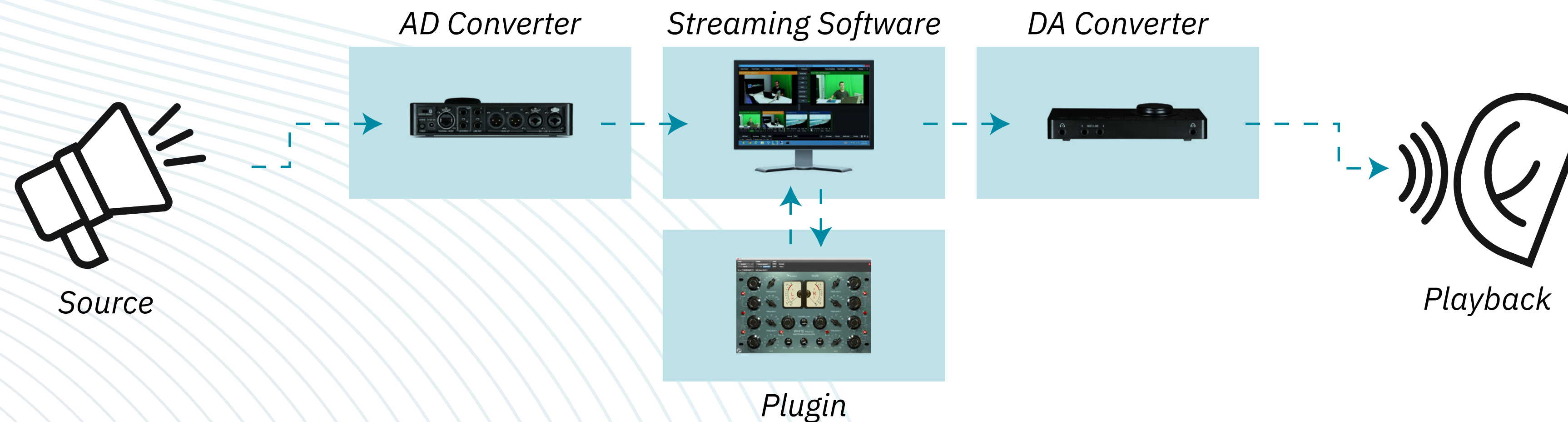
ACQUISITION DU SIGNAL ET LATENCE DE LECTURE

Pendant la phase d'acquisition du signal, celui-ci passe par une interface audio AD. De là, il est introduit et traité par un programme de streaming ou un DAW, puis il est introduit et reproduit par une interface audio DA.

Le temps de latence est généré par les phases de conversion analogique-numérique et numérique-analogique, par la fréquence d'échantillonnage et le processus de mise en mémoire tampon, ainsi que par la transition entre le matériel et le logiciel.

Il convient de noter que l'ouverture et l'exécution d'autres programmes et applications nécessitent une utilisation supplémentaire du processeur et de la mémoire vive. Cela peut avoir une incidence sur le temps nécessaire pour qu'un signal d'entrée atteigne sa destination.

LA LATENCE DANS L'ACQUISITION AUDIO



La latence audio pendant la phase d'acquisition du signal et la phase de lecture peut être causée par :

- les paramètres et la configuration de l'interface audio ;
- les spécifications du matériel informatique (performances sous-optimales de la mémoire vive et du processeur) ;
- le logiciel de streaming ou les paramètres DAW ;
- le traitement du signal par le biais de plug-ins.

TEMPS DE LATENCE DE L'ENCODAGE

Un codec audio (encodeur ou décodeur) est un programme informatique ou un dispositif utilisé pour encoder (écrire) ou décoder (lire, restituer) un flux de données audio.

Les codecs audio sont utilisés pour la conversion des formats de fichiers audio et sont généralement ce sur quoi s'appuient de nombreux programmes d'édition - tels que les logiciels d'édition audio et vidéo, les outils de conversion audio et les logiciels de diffusion en continu.

Les codecs compressent les données, réduisant ainsi la quantité de points de données dans un flux audio. Cette compression peut être soit avec perte (c'est-à-dire avec perte d'informations), soit sans perte (c'est-à-dire sans perte d'informations).

Par exemple, dans le domaine du streaming audio, l'une des opérations d'encodage les plus populaires est le passage de WAV à AAC ou MP3.

COMPENSATION DU TEMPS DE LATENCE DANS L'ACQUISITION DE SIGNAUX AUDIO

La mémoire tampon audio est la région de la mémoire utilisée pour compenser les différences de vitesse de transfert et de vitesse de transmission des données. La taille de la mémoire tampon est mesurée en échantillons.

Les faibles valeurs de tampon - généralement observées dans l'acquisition de signaux - correspondent à des temps de transfert et de transmission rapides. La latence est alors minimale.

Des valeurs plus élevées, qui apparaissent lors d'opérations de traitement impliquant plusieurs plug-ins, indiquent généralement des temps de transfert et de transmission plus longs ; les temps de latence sont ici substantiels.

Pendant l'acquisition, la latence peut être compensée en optimisant les réglages de la mémoire tampon.

Dans les interfaces audio USB et Thunderbolt, la latence est mesurée en échantillons et est également appelée "tampon audio".

En revanche, dans les interfaces audios qui utilisent Ethernet pour le transfert de données, elle est mesurée en millisecondes.

LATENCE VIDÉO

La latence vidéo désigne le laps de temps qui s'écoule entre le moment où un signal d'entrée atteint un dispositif d'enregistrement, une salle de contrôle vidéo, une vision ou un mélangeur vidéo, un logiciel ou du matériel de diffusion en continu, et le moment où il atteint un dispositif de sortie capable de reproduire ce signal sortant - tel qu'un ordinateur, un dispositif de diffusion en continu, un mur de Led, un moniteur, etc.

Ce délai est généralement mesuré en images par milliseconde.

La transition du signal vidéo vers le matériel est à l'origine de la latence. Ces éléments de matériel peuvent être :

- Vision mixers
- Video mixers
- Protocol converters

VIDEO LATENCY

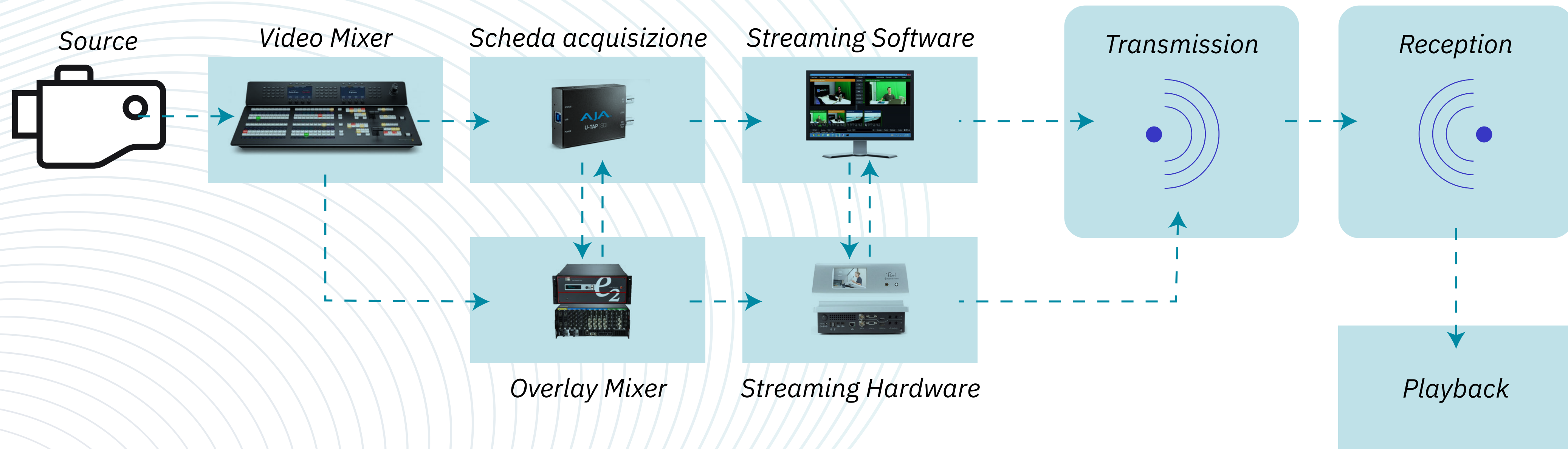
Lors du traitement d'une vidéo de 1920x1080 avec 25 images par seconde, 1920x1080 pixels seront générés 25 fois par seconde. Étant donné qu'une image est égale à $1/25$ de seconde, le signal vidéo sera retardé de 40 millisecondes par rapport au signal audio.

Avant d'être diffusée en continu ou reproduite sur un appareil de lecture, une vidéo doit être traitée et éditée à l'aide de l'équipement que nous avons énuméré précédemment. Des performances matérielles plus élevées se traduisent par des temps de traitement plus courts et donc par une latence plus faible.

La qualité du matériel joue un rôle important dans la détermination de la latence totale.

La latence de la vidéo numérique est la période qui s'écoule entre l'entrée et la sortie. Ce délai devient visible lorsque l'on compare l'image à la source avec l'image reproduite.

LATENCE DANS L'ACQUISITION VIDÉO



Les signaux vidéo sont capturés en haute définition et sont souvent compressés pour réduire les délais et l'utilisation de la bande passante. La compression ajoute au délai de traitement du signal.

SYNCHRONISATION AUDIO-VIDÉO

Les signaux audio et vidéo souffrent tous deux de problèmes de latence, les composantes vidéo, cependant, seront toujours affectées par des retards plus importants.

Ces temps de latence plus élevés sont dus à la lourdeur des données des signaux vidéo, qui nécessitent des temps de traitement et d'encodage plus longs.

Un délai est ajouté au signal audio afin d'aligner les deux niveaux.

Pour déterminer la latence standard, en considérant un seul élément qui introduit une latence, la formule à appliquer est la suivante:

$$1000 \text{ ms} / \text{FPS} = \text{Latency (ms)}$$

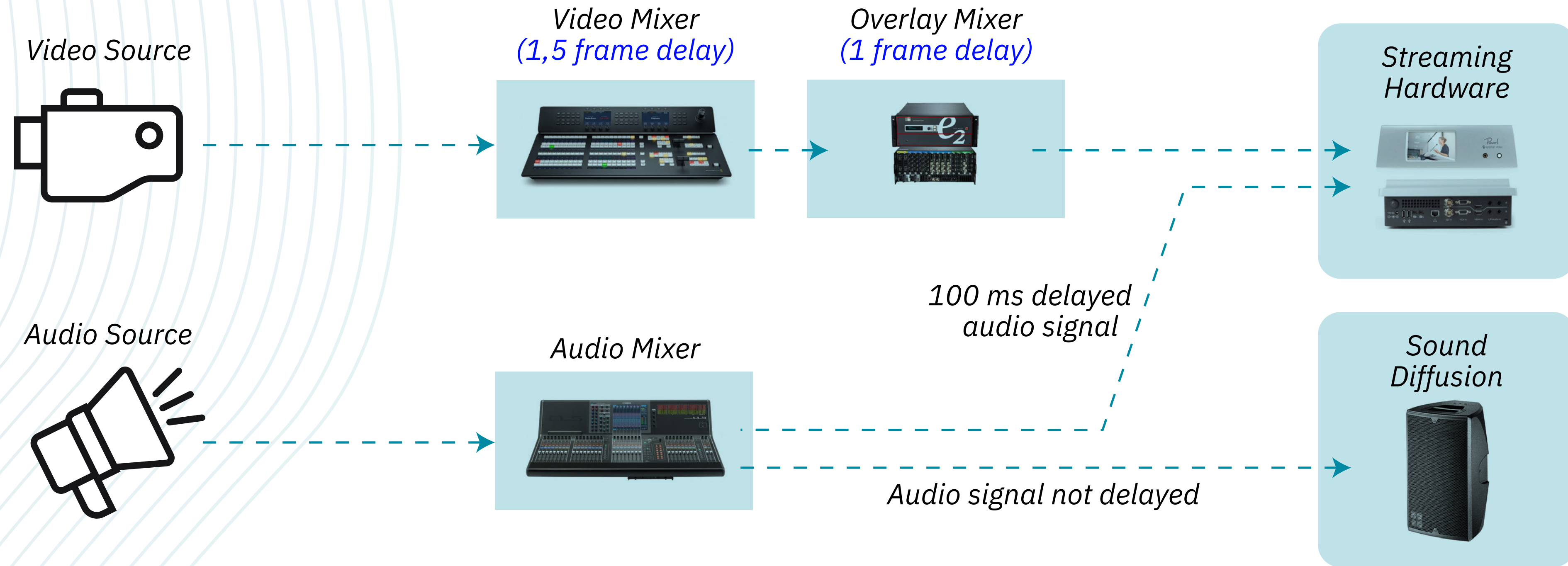
SYNCHRONISATION AUDIO-VIDÉO

En nous basant sur l'exemple précédent où nous avons un flux vidéo à 25 fps, nous pouvons déterminer la latence en calculant:

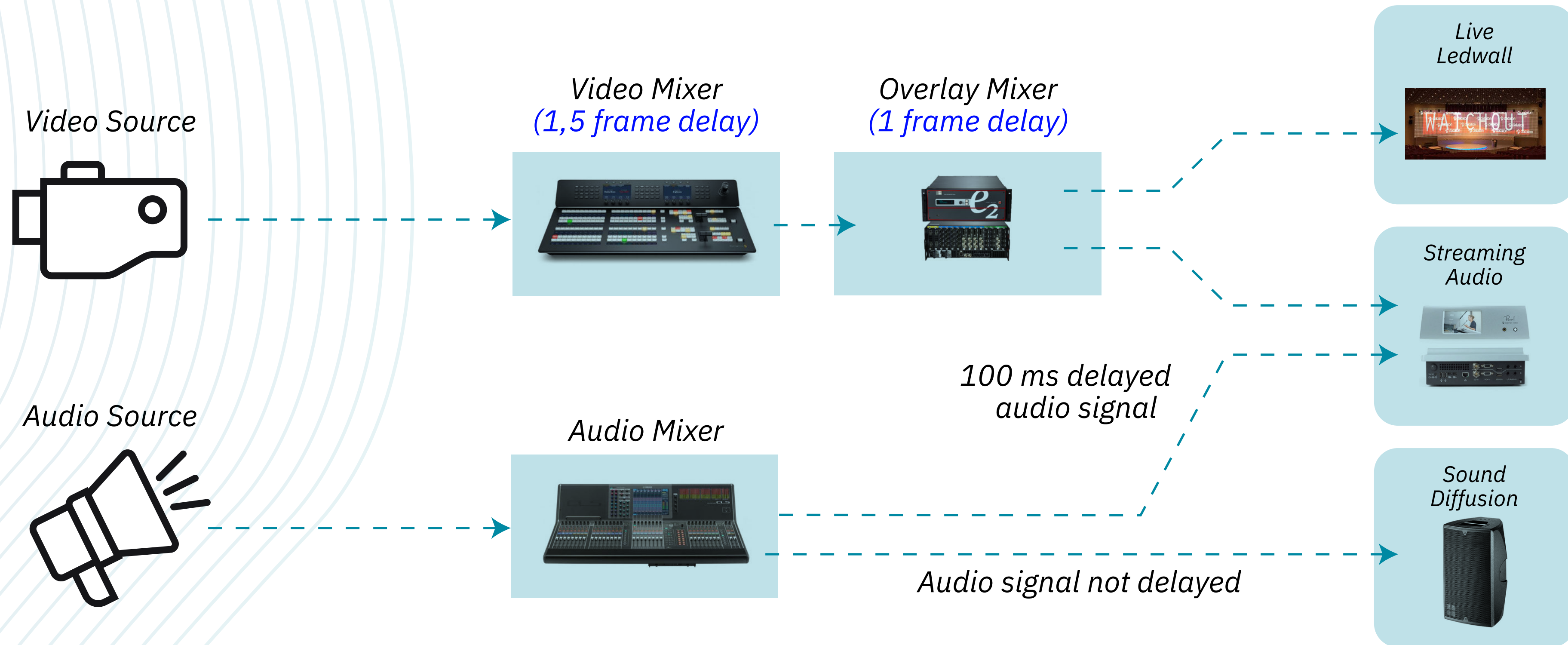
$$1000 \text{ ms} / 25 \text{ FPS} = 40 \text{ ms}$$

Toutefois, la valeur exacte de la latence dépendra également, comme indiqué précédemment, des capacités de traitement du matériel utilisé. C'est pourquoi il n'est pas toujours possible d'obtenir des millisecondes précises, mais en comprenant la latence de la trame du matériel vidéo, on peut avoir un point de départ, comme les 40 ms de l'exemple.

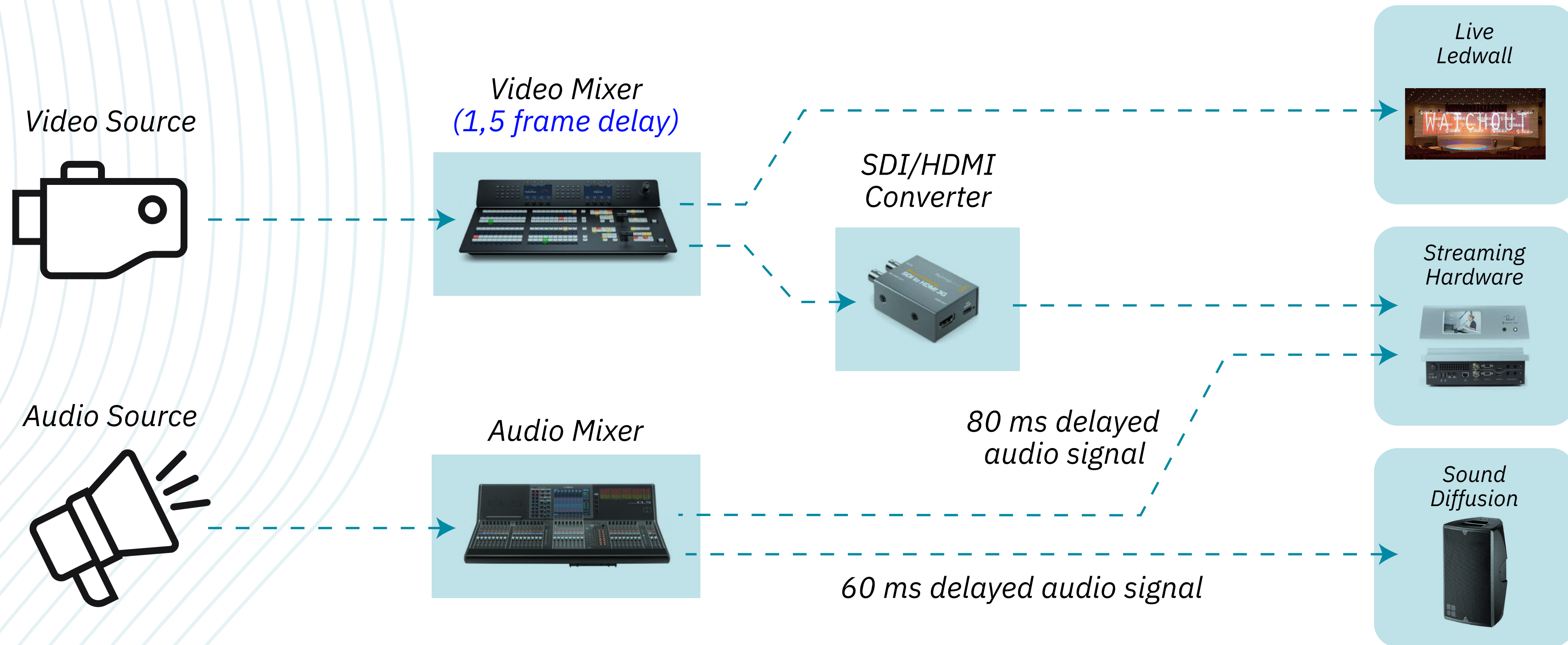
SYNCHRONISATION



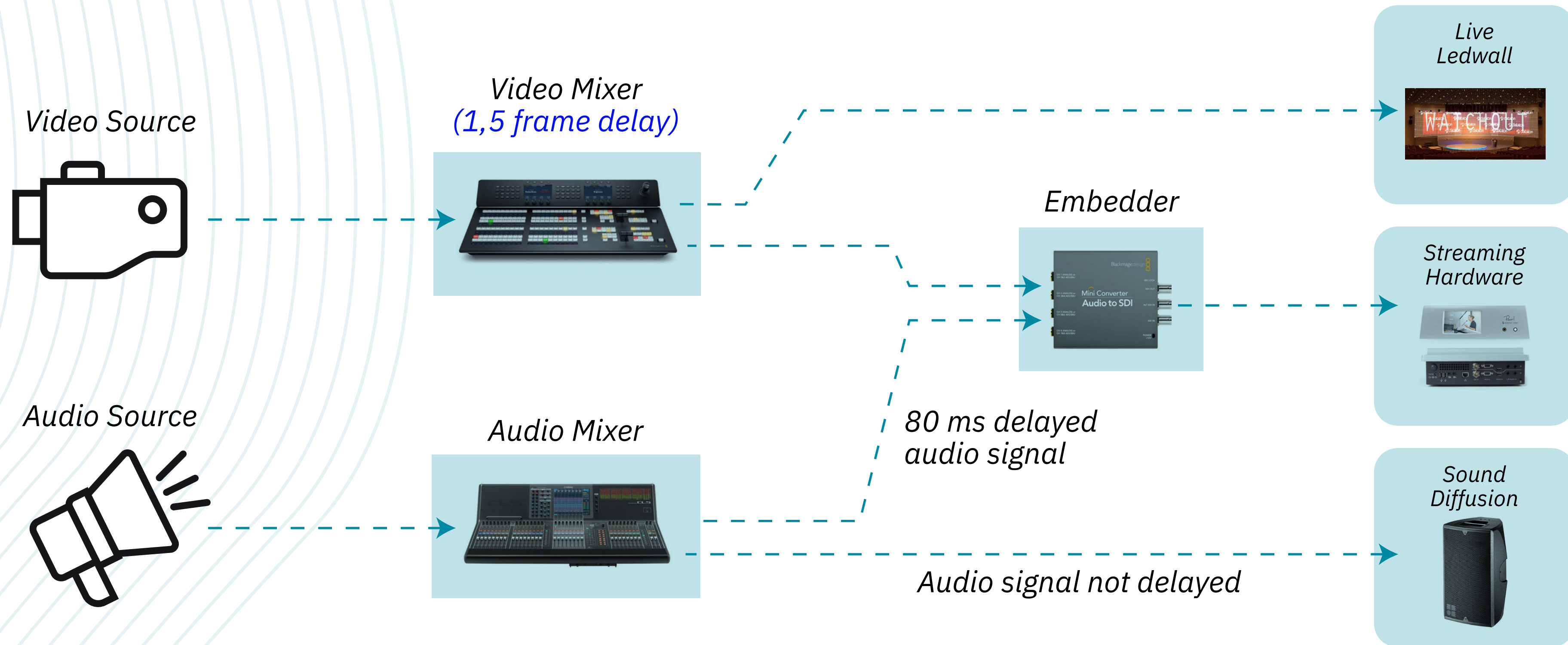
SYNCHRONISATION



SYNCHRONISATION



SYNCHRONISATION



STREAMING

Le terme "streaming" désigne l'opération d'envoi et de réception de données de manière continue (flux) d'un serveur distant à un appareil final à travers un réseau d'ordinateurs.

La diffusion en continu en ligne permet aux appareils de lire des médias pendant que d'autres parties des données sont envoyées à l'appareil lui-même.

Le mécanisme de la diffusion en continu consiste à décomposer les données vidéo en plus petits morceaux, appelés paquets. Ces paquets de données sont envoyés aux navigateurs, où les lecteurs multimédias lisent les données sous forme de film.

La lecture en continu commence lorsqu'un appareil a reçu un nombre suffisant de paquets de données.

STANDARD WebRTC

WebRTC, Web Real-Time Communication, est le nom d'un projet open-source qui permet la communication en temps réel pour les navigateurs web et/ou les applications mobiles grâce à des API (Application Programming Interfaces). Cet outil fournit une connexion audio/vidéo sur les pages web/web-view, permettant ainsi une communication peer-to-peer sans avoir besoin de plug-ins supplémentaires.

Aujourd'hui, la plupart des navigateurs prennent en charge le protocole WebRTC.

WebRTC rend possible la communication peer-to-peer. Cependant, il nécessite un ou plusieurs serveurs pour fonctionner - ces machines gèrent les différentes étapes de la communication, permettent aux clients d'échanger des métadonnées, coordonnent la communication entre les clients et offrent une protection par pare-feu.

DIFFÉRENCES ENTRE LE STREAMING ET LE WEBRTC

GoToMeeting, Zoom et d'autres applications populaires de réunions virtuelles sont des plateformes de vidéoconférence sur lesquelles les entreprises (pour la plupart) organisent des webinaires et des réunions en ligne. Elles ne s'appuient pas sur la technologie de diffusion en continu, mais sur la technologie webRTC.

- **Streaming** – un seul flux est transmis, meilleure qualité, latence de transfert.
- **WebRTC** – plusieurs flux transmis en même temps, qualité moindre, transmission de données en temps réel.

Streaming is employed for one-way transmission to an audience, while WebRTC is primarily used in scenarios where multiple individuals want to transmit signals, and the members of this audience may also want to transmit signals in turn.

ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS

Grâce à l'évolution des réseaux de télécommunications et aux progrès technologiques en général, la diffusion en direct, c'est-à-dire la technologie qui nous permet de profiter d'un contenu diffusé en temps réel, connaît une croissance importante.

Les ordinateurs, les smartphones et les tablettes peuvent tous - à l'exception des streamers audio et vidéo - servir à la fois d'émetteurs et de récepteurs.

Les flux en direct sur des plateformes telles que YouTube, Facebook ou Twitch peuvent être capturés à l'aide d'un smartphone, diffusés sur l'internet et reçus et lus par d'autres smartphones, ordinateurs, tablettes ou appareils de diffusion en continu.

BUFFERING

L'une des parties les plus importantes des processus de diffusion en continu est la mise en mémoire tampon.

Ce phénomène se produit lorsque des données audio ou vidéo sont préchargées dans la mémoire cache d'un lecteur multimédia (tampon) pendant la lecture d'un contenu en ligne.

La mise en mémoire tampon permet de poursuivre la transmission même en cas d'erreurs de réseau ou de problèmes de connexion, car les données déjà stockées dans la mémoire tampon peuvent toujours être transmises.

Toutefois, si la connexion internet est trop lente, l'appareil de lecture peut rester bloqué dans un état de mémoire tampon - et le contenu stocké dans la mémoire tampon peut potentiellement avoir déjà été lu. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'attendre de quelques secondes à quelques minutes qu'une quantité suffisante de contenu s'accumule dans la mémoire tampon avant de pouvoir reprendre la lecture.

RÉSOLUTION DU DOSSIER ET EXIGENCES

Dans la diffusion en continu, l'élément qui nécessite un taux de transfert de données par seconde plus élevé est le contenu vidéo, tandis que les canaux audio ont besoin de moins de ressources.

Il est de notre responsabilité de demander suffisamment de bande passante pour pouvoir transmettre les vidéos à la résolution souhaitée.

Cependant, il peut arriver que la bande passante requise ne soit pas disponible. Dans ce cas, nous pouvons être amenés à réduire la qualité et, par conséquent, la résolution du contenu vidéo que nous voulons transmettre. Par ailleurs, il peut être nécessaire de réduire la qualité du contenu diffusé en continu à l'extrémité réceptrice lorsque la connexion internet du destinataire est lente.

RÉSOLUTION DU DOSSIER ET EXIGENCES

- VIDEO

SD Video Quality 720x576

Pour la diffusion en continu, une bande passante moyenne de 1 Mbps à 3 Mbps est nécessaire. La qualité de l'image est considérablement compromise à des vitesses de transmission inférieures. Avec des valeurs de bande passante inférieures, les interruptions de lecture peuvent devenir fréquentes ; des difficultés peuvent également survenir lorsque plusieurs appareils sont connectés au même réseau.

Full HD Video Quality 1920x1080

Les exigences pour ce format vont d'un minimum de 4,5 Mbps à un maximum de 10 Mbps, avec une moyenne d'environ 6,25 Mbps.

RÉSOLUTION DU DOSSIER ET EXIGENCES

- VIDEO

Ultra HD ou 4K 3480X2160

L'ultra-haute définition (4K) nécessite une vitesse de réseau minimale de 7 Mbps, bien que des connexions ultra-rapides (25 Mbps) puissent parfois être nécessaires. La vitesse de connexion moyenne nécessaire pour cette résolution vidéo est de 19,31 Mbps.

YouTube Premium, par exemple, prend en charge la diffusion en continu en 4K, mais nécessite une connexion d'au moins 20 Mbps.

RÉSOLUTION DU DOSSIER ET EXIGENCES

- VIDEO

Pour calculer la taille d'un fichier audio, il est nécessaire de prendre en compte les paramètres suivants :

- Fréquence d'échantillonnage en Hertz ;
- Profondeur des bits ;
- Canaux utilisés ;
- Durée totale du fichier ;

Chaque seconde d'enregistrement contient n échantillons ; chaque échantillon a une profondeur de bits, p . La quantité totale de bits nécessaires pour stocker une seconde d'enregistrement est donnée par la formule suivante: $x = n * p$. En multipliant cette valeur par le nombre de canaux utilisés (par exemple, $x * 2$ pour un fichier stéréo), on obtient le nombre total d'échantillons dans une seconde d'enregistrement.

ÉLÉMENTS ESSENTIELS DES MÉDIAS EN CONTINU

Les caractéristiques les plus importantes d'un support de diffusion en continu sont les suivantes:

- Caméra vidéo et microphone intégrés, ou possibilité de connecter une caméra vidéo et un microphone à l'aide de cartes d'acquisition ;
- Logiciel spécialisé pour l'acquisition et l'encodage de contenu en continu ;
- La disponibilité d'un modem avec connexion Ethernet ou Wi-Fi pour le téléchargement et la transmission de contenu sur le réseau ;
- Un autre modem avec une connexion Ethernet ou Wi-Fi pour recevoir le contenu du réseau ;
- Logiciel spécialisé pour le décodage et la lecture du contenu reçu ;
- Un moniteur et un haut-parleur audio pour assurer une lecture correcte du contenu vidéo.

Les dispositifs de communication doivent disposer d'une largeur de bande suffisante pour garantir une transmission stable et de qualité..

SOURCES UNIQUES ET DISCRÈTES

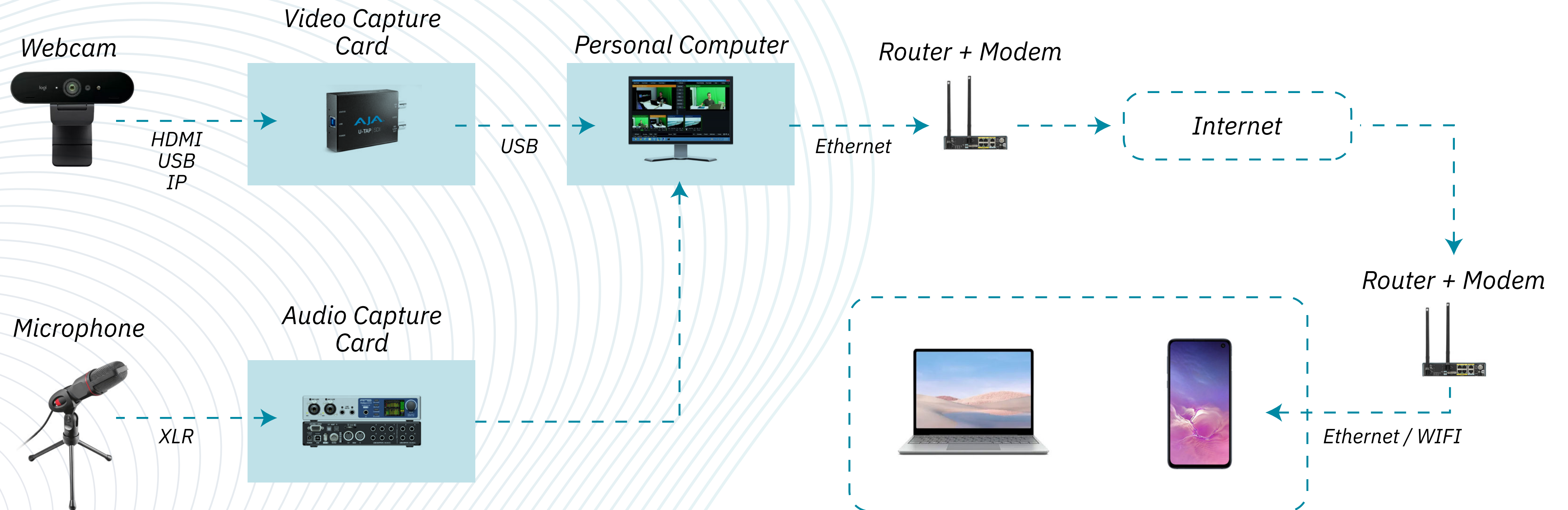
Les sources uniques constituent une catégorie d'appareils conçus pour capturer exclusivement un signal vidéo ou audio. Une webcam est un exemple classique de source unique.



Les sources discrètes, quant à elles, correspondent à des dispositifs capables de capturer simultanément un signal vidéo et un signal audio. Parmi les exemples de sources discrètes, on peut citer les caméras avec microphones intégrés ou les ordinateurs équipés de caméras et de microphones intégrés.



SYSTÈME DE DIFFUSION EN CONTINU À SOURCE UNIQUE



SYSTÈME DE DIFFUSION EN CONTINU DE SOURCE DISCRÈTES

Personal Computer



Ethernet

Router + Modem

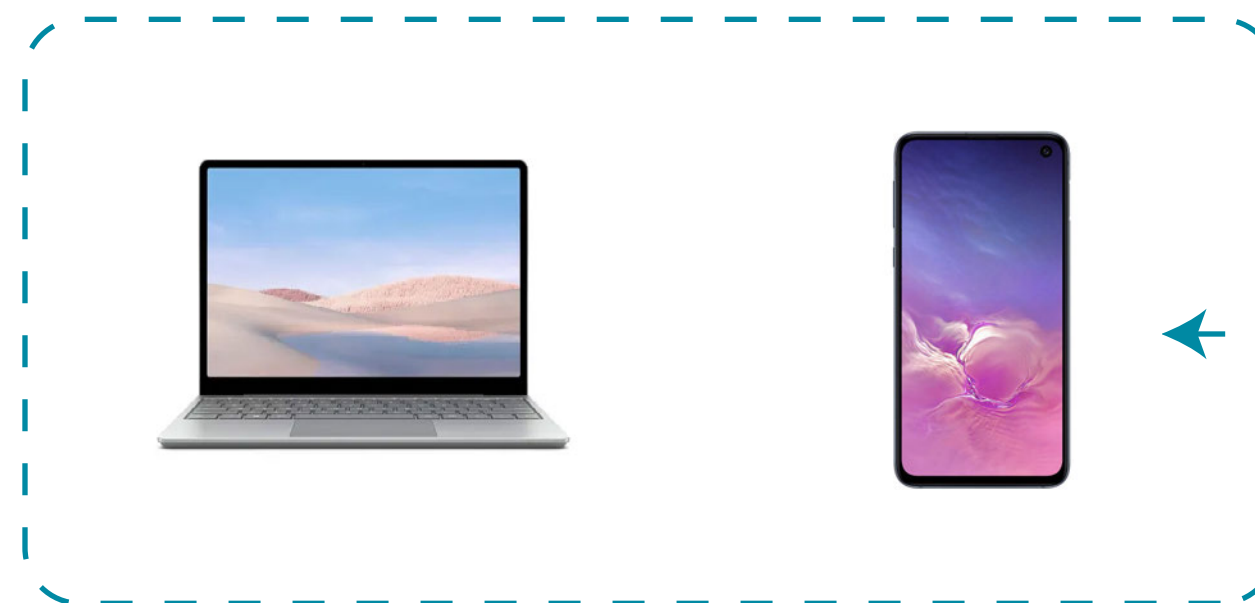


Internet

Router + Modem



Ethernet / WIFI



SUPPRESSION DU BRUIT

La suppression du bruit consiste à traiter et à résoudre certains problèmes susceptibles de ralentir l'envoi et la réception des données et d'entraîner un décalage dans la synchronisation entre les canaux audio et vidéo ou une expérience de lecture moins fluide.

Après avoir atteint le logiciel de diffusion en continu sous forme de paquets numériques, les fichiers audio/vidéo correctement alignés (synchronisés) seront transmis de l'appareil émetteur au modem pour le partage et la lecture en ligne.

Ces paquets de données sont ensuite traités par un dispositif de réception, où ils sont temporairement stockés dans une mémoire tampon avant d'être lus.

Un manque de bande passante, à la fois pendant les phases d'envoi et de réception, peut entraîner une perte de synchronisation entre les paquets audio et vidéo et donner l'impression que la qualité de la lecture est hachée ou saccadée

SUPPRESSION DU BRUIT

Pour une expérience de streaming optimale, l'utilisation d'une connexion Wi-Fi n'est pas conseillée, car elle est notoirement peu fiable et particulièrement sensible aux interruptions imprévisibles du réseau, aux interférences et aux congestions soudaines de fréquences. Il est plutôt recommandé d'utiliser une connexion filaire, telle qu'Ethernet.

Il est important de veiller à ce que tous les appareils utilisés pour la transmission et la réception de données soient connectés par des câbles Ethernet conformes à la catégorie 5e ou à une catégorie supérieure ; les catégories 6 et 7 sont à privilégier. Ces types de câbles garantissent un débit de données adéquat, par exemple 1 GB/s à 250 MHz et 10 GB/s à 600 MHz.

Si la bande passante du réseau câblé est limitée ou indisponible, les solutions Wi-Fi peuvent être utilisées comme mesure d'urgence. Les sacs à dos de diffusion en continu sont un exemple d'outil Wi-Fi pour la diffusion en continu. Ces unités, généralement dotées d'un port Ethernet, donnent aux utilisateurs la possibilité de se connecter à un réseau Wi-Fi et disposent également de ports USB pour les clés LTE, qui permettent d'utiliser jusqu'à quatre cartes SIM.

LIVE OR ON-DEMAND STREAMING

Bien que le mot "streaming" soit couramment utilisé comme synonyme de diffusion en direct sur l'internet, il est important de souligner qu'il n'y a pas qu'un seul type de streaming. Le contenu transmis par ce biais peut être diffusé en temps réel (en direct) ou à la demande.

Différents termes sont souvent associés à la transmission de médias en temps réel, tels que "live streaming" et "direct streaming".

Dans ce type de modalité de diffusion en continu, les données demandées sont envoyées en utilisant une ou plusieurs techniques de compression appropriées, ce qui allège la charge sur le réseau où les données sont transmises.

L'utilisation de techniques de compression peut entraîner un léger retard ou une latence dans le flux d'informations.

LIVE OR ON-DEMAND STREAMING

En ce qui concerne la diffusion en continu à la demande, tout le contenu audiovisuel auquel les utilisateurs peuvent accéder est immédiatement disponible sous forme de fichiers compressés sur un serveur conçu pour traiter les demandes au fur et à mesure qu'elles arrivent.

Les deux types de diffusion en continu que nous avons décrits reposent sur une mémoire tampon, une petite mémoire dans laquelle les données sont temporairement stockées avant d'être lues en tant que média.

Parmi les exemples courants de diffusion en continu à la demande, on peut citer des services comme Spotify et Amazon Music pour la musique en continu, ainsi que des plateformes comme Netflix, Chili et Amazon Prime Video pour les films et les séries télévisées.

LOGICIELS ET MATÉRIEL DE DIFFUSION EN CONTINU

Pour réaliser des diffusions en direct, nous pouvons utiliser des logiciels spécialisés qui peuvent être téléchargés et installés sur un ordinateur ou nous pouvons utiliser du matériel spécialement conçu à cet effet.

Les deux programmes les plus utilisés pour l'acquisition, le mixage et la diffusion de signaux audio et vidéo sont OBS et vMix.

Ces applications transforment les signaux vidéo en un flux vidéo qui peut être envoyé à un serveur multimédia.

Si aucun ordinateur n'est disponible ou si l'installation d'un logiciel n'est pas envisageable, il est possible d'utiliser des dispositifs matériels pour obtenir un flux vidéo.

Ces appareils sont souvent très spécifiquement conçus pour la diffusion en continu ; ils sont dotés d'une entrée pour caméra vidéo, d'un port de sortie pour moniteur et d'une connexion par câble Ethernet pour la transmission en continu.

GIANLUCA PATRITO
Streaming technician