

## Une introduction aux réseaux audio

*Cette brochure d'information est consacrée aux réseaux audio.*

*Ces dix dernières années, les réseaux audio ont changé la manière dont les systèmes audio sont conçus, réalisés et exploités par les professionnels de l'industrie audio. En comparaison avec la génération précédente de systèmes à distribution point-à-point, de nouvelles et puissantes technologies de réseau se sont imposées comme normes sur le marché. Ces normes se sont accompagnées d'une série de nouveaux points pratiques et stratégiques à prendre en considération avant d'investir dans un système de réseau audio.*

*Cette brochure aborde de façon simple et globale les bases du réseau audio. Nous partons du principe que le lecteur dispose d'une connaissance avancée en matière de systèmes audio analogiques, d'une connaissance de base des systèmes audio numériques et d'aucune connaissance en matière de réseaux informatiques. Cette brochure ne constitue qu'une introduction élémentaire au sujet. Pour des informations plus détaillées, nous vous renvoyons aux nombreux documents mis à disposition sur internet par les fabricants de matériel informatique du monde entier.*

*L'équipe Yamaha Commercial Audio.*

### Une introduction aux réseaux audio

1. Qu'est-ce qu'un réseau audio?
2. Trois atouts d'un réseau audio
3. Trois éléments à prendre en compte dans un réseau audio
4. Qu'est-ce qu'un réseau Ethernet?
5. Topologies de réseau
6. Types de redondance
7. Câblage
8. Dante™ sous la loupe
9. EtherSound™ sous la loupe
10. CobraNet™ sous la loupe
11. Autres protocoles de réseau audio
12. Mise en place du système
13. Investir dans un réseau audio numérique
14. Terminologie des réseaux audio

# 1. Qu'est-ce qu'un réseau audio?

Avec l'arrivée des technologies numériques, la quantité d'informations transmises par un seul câble est passée de quelques milliers de bits par seconde dans les années soixante à quelques milliards de bits par seconde en 2014. Les connexions informatiques standard, bon marché et d'usage quotidien permettent aujourd'hui de transférer un ou plusieurs gigabits d'informations via un seul câble en fibre optique, et cela sur des distances de plusieurs kilomètres. La bande passante est suffisante pour transmettre sur des centaines de canaux audio de haute qualité, reléguant au passé les centaines de kilos de câbles des systèmes analogiques conventionnels. Plus important encore, les connexions logiques d'un réseau audio peuvent être complètement distinctes des connexions physiques du réseau. Cette fonctionnalité ouvre un large éventail de possibilités fantastiques pour l'industrie audio: n'importe quels postes E/S peuvent être branchés au réseau à tout emplacement du système, sans souffrir des limitations imposées par des câbles encombrants. Les connexions réelles sont gérées à partir d'un logiciel d'utilisation facile. Qui dit système de réseau audio dit numérique: les connexions audio demeurent donc exclusivement dans le domaine numérique, à l'abri des interférences électromagnétiques et des effets de capacitance des câbles dégradant la qualité des signaux audio analogiques. En outre, des signaux de contrôle peuvent être injectés dans le réseau sans câblage supplémentaire. Les ordinateurs peuvent exploiter le réseau pour piloter et contrôler des périphériques audio tels que des consoles de mixages numériques et des processeurs de traitement numérique des signaux (DSP). Des connexions vidéo peuvent être intégrées par le biais de caméras IP abordables. Ce ne sont que quelques possibilités parmi d'autres.

## Transmission audio numérique

De nombreux systèmes sur le marché transfèrent les données audio entre un boîtier de scène et une console de mixage ou un processeur d'effets via un seul câble en cuivre ou fibre compatible avec le format de connexion point à point, comme AES10 (MADI, 64 canaux) et AES50 (SuperMac, 48 canaux). Toutefois, à l'heure actuelle, la majorité des systèmes exigent davantage de points de connexion, ce qui implique une multitude de câbles pour les systèmes utilisant des connexions point à point. L'arrivée des réseaux audio a vu un bouleversement: il est maintenant possible de relier un nombre illimité de postes avec une multitude de connexions, et ce via des solutions de câblage à la fois plus rentables et faciles à gérer, offrant des avantages supplémentaires tels que la redondance et la possibilité d'incorporer d'autres types de connexions transmettant par exemple des données de contrôle et vidéo.

## Dante™

Dante™ désigne un protocole de réseau audio conçu par Audinate®, reposant sur un réseau Gigabit Ethernet et permettant plusieurs centaines de connexions audio pour chaque câble du réseau. Exploitant des services Ethernet standard tels que QoS («Quality of Service» ou qualité de service) et PTP («Precision Time Protocol» ou protocole de précision temporelle), ce protocole offre une synchronisation ultra-précise pour une latence extrêmement basse. Dante™ adopte une topologie dite en étoile, tandis que de nombreux produits sont également compatibles avec la topologie en chaîne.

## EtherSound™ et CobraNet™

Les protocoles de réseau audio EtherSound™ et CobraNet™ mis au point par Digigram et Peak Audio permettent d'acheminer 64 canaux audio en mode bidirectionnel via un câble Ethernet avec une latence minimale. Les systèmes EtherSound™ peuvent être construits sur base d'une topologie en chaîne ou en anneau, offrant un acheminement des canaux audio de type bus en aval comme en amont. Les systèmes CobraNet™ exploitent une topologie en étoile permettant de transmettre librement des paquets de canaux audio de tout poste vers toute destination.

## Systèmes ouverts et fermés

Dante™, EtherSound™ et CobraNet™ sont des systèmes ouverts utilisant l'architecture de réseau Ethernet standard. Cela signifie qu'un équipement informatique standard approprié peut être utilisé pour construire un réseau en profitant pleinement des avancées de l'industrie informatique en matière de fonctionnalité, de fiabilité, de disponibilité et, bien sûr, d'optimisation des coûts. Chacun de ces trois protocoles fait l'objet de licences consenties à de nombreux fabricants de matériel audio professionnel haut de gamme, ce qui permet de combiner des produits de différents fabricants adoptant le même protocole au sein d'un même système. Il existe également une série de systèmes de réseau audio dits fermés. Ce type de réseau audio permet uniquement d'intégrer le matériel de son fabricant. Citons par exemple Nexus, Rocknet et Optocore.

## Et Yamaha?

Yamaha adopte une approche ouverte et intégrante, plaidant pour le choix d'un type de réseau répondant aux besoins du système. L'éventail de produits Yamaha comprend des dispositifs Dante™ ainsi que des produits CobraNet™ et EtherSound™. En outre, l'ajout de cartes d'interface permet la compatibilité avec des protocoles de réseau fermé et des connectivités point à point.

Exemple de réseau audio de scène



Rack de scène 16 entrées/8 sorties



Câble CAT5E



Console de mixage en réseau



Câble CAT5E



Rack de scène 32 entrées/24 sorties



Câble CAT5E



Console de mixage en réseau

## 2. Trois atouts d'un réseau audio

### Un: poids des câbles et flexibilité

Dans les systèmes audio analogiques conventionnels, chaque connexion utilise un câble en cuivre. Selon le nombre de canaux et la longueur des câbles, leur poids peut facilement excéder 100kg. Avec la popularité croissante des consoles de mixage numériques, des câbles numériques (AES/EBU, par exemple) remplacent de plus en plus souvent les câbles analogiques. Le poids des câbles s'en trouve réduit et la qualité audio accrue car les interférences magnétiques et les problèmes de capacité électrique des câbles n'existent pas dans le câblage numérique. Les formats audio point à point comme AES10 (MADI) et AES50 (SuperMac), ainsi que les protocoles de réseau comme Dante™, CobraNet™, EtherSound™, Rocknet™ et OPTOCORE® sont devenus populaires sur scène comme en studio, ce qui a contribué au remplacement des câbles individuels en cuivre par des câbles poids-plume STP (paire torsadée blindée) ou en fibre optique. Le poids des câbles STP ou en fibre optique est nettement inférieur à celui des câbles individuels analogiques et numériques en cuivre. De plus, les câbles en fibre optique suppriment les problèmes de terre. Un câble multipaire analogique ou un faisceau de câbles analogiques individuels est encombrant et peu flexible. En tournée, ce type de câblage nécessite un équipement lourd, un personnel dédié et des possibilités de configuration limitées. Dans le cas des installations, ce câblage lourd nécessite l'ajout d'imposants conduits ou chemins de câbles dans tout le bâtiment, ce qui peut poser problème, surtout dans les salles historiques où il n'est pas question de défigurer le cadre. Les câbles STP et en fibre optique, par contre, sont minces, souples et légers: une bobine de 150 mètres de câble en fibre optique ne pèse que quelques kilos et peut être amenée jusqu'au restaurant «58 Tour Eiffelt» de la tour Eiffel par une seule personne. L'installation est facile, les câbles d'un réseau audio prennent très peu de place et peuvent être logés dans des conduits de câbles existants.

### Deux: séparation des connexions physiques et logiques

Les protocoles de réseau audio tels que Dante™ distinguent entre les connexions logiques et le câblage physique. Cela signifie qu'une fois qu'un réseau de câbles doté d'une bande passante suffisante est sur pied, il est possible d'effectuer n'importe quelle connexion sans changer le câblage. En tournée, cela permet d'utiliser des plans de câblage «sans prise de tête»: il suffit de brancher du matériel E/S n'importe où dans le système et de mettre sous tension. Pour les installations, les modifications de système inévitables après la cérémonie d'ouverture d'un projet ne demandent qu'un peu de programmation pour changer les réglages de réseau, ce qui permet de réaliser des économies considérables sur le travail de câblage. Indépendamment du câblage STP et en fibre optique, les signaux peuvent atteindre les postes les plus reculés d'un réseau. Peu importe désormais où les entrées et les sorties sont branchées au sein du réseau audio: n'importe quelle interface STP ou optique fait l'affaire. En tournée, cela permet de répartir de petits groupes d'entrées et de sorties sur toute la scène au lieu d'utiliser d'encombrants boîtiers de connexions centralisés. Pour les installations, cela laisse une plus grande liberté: vous pouvez utiliser plusieurs postes E/S tout en évitant les contraintes d'un câblage physique.

### Trois: le contrôle!

Utiliser la technologie informatique de réseau pour transmettre de l'audio présente l'avantage d'inclure... la technologie informatique. Les signaux de contrôle peuvent être transmis par le même câble STP ou optique, ce qui évite ainsi de devoir installer des câbles supplémentaires GPI, RS232, RS422 ou RS485. Citons, par exemple, les connexions vidéo IP, le pilotage par logiciel via Ethernet, le pilotage de machine avec des convertisseurs série RS422, et même l'accès Internet. Des points d'accès sans fil peuvent être utilisés pour permettre le pilotage des périphériques du réseau avec des tablettes.

Système de câblage de scène analogique



Multipaires analogiques



Face arrière d'une console de mixage analogique (PM5000)

Système de câblage de scène en réseau



Racks d'E/S en réseau



Câble CAT5E



Face arrière d'une console de mixage en réseau (CL1)

### 3. Trois éléments à prendre en compte dans un réseau audio

#### Un: la latence

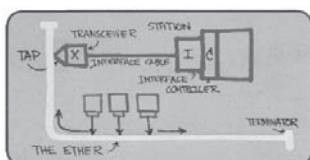
Les éléments d'un réseau Ethernet sont les câbles et les commutateurs. Pour acheminer des informations dans un réseau, un commutateur doit recevoir l'information, étudier l'adresse et transmettre l'information au câble le plus approprié pour qu'elle arrive à destination. Ce processus ne prend que quelques microsecondes. Plus un réseau grandit, plus le nombre de commutateurs par lesquels un signal transite croît, ce qui augmente le retard. Dans le cas des systèmes audio de scène de taille intermédiaire, le réseau, la conversion AN/NA et le traitement DSP contribuent chacun à grosso modo 1/3 de la latence totale du système. La latence totale du système doit être prise en compte et gérée avec soin pour garantir un son optimal. L'écoute «in-ear» (par oreillette) est l'application la moins tolérante en matière de latence. Entre 1 et 5 millisecondes, la latence se remarque, et au-delà de 10 millisecondes, le retard devient franchement déplaisant. Pour les enceintes de sonorisation de façade et de retour, le problème est moins important: une milliseconde de latence supplémentaire équivaut à reculer l'enceinte de 30 centimètres seulement. Dans le cas des protocoles de réseau audio exploitant des réseaux Gigabit, tels que Dante™, la latence peut être nettement inférieure à une milliseconde, ce qui garantit des résultats optimaux, même pour les applications d'écoute in-ear.

#### Deux: la redondance

Avec un système analogique, les signaux audio passent par des câbles individuels. Si un câble est défaillant, cela n'affecte généralement qu'une seule connexion. Cependant, des connexions de secours sont souvent prévues dans les câbles multipaires pour éviter que le système soit sérieusement affecté en cas de défaillance et pour permettre d'y remédier facilement. Dans un réseau, par contre, un seul câble longue distance défectueux peut bloquer tout le système et donner du fil à retordre au technicien. C'est pourquoi les systèmes en réseau doivent être conçus avec un mécanisme de redondance: le réseau doit être doté de connexions redondantes prenant automatiquement le relais en cas de pépin. Ces dernières années, l'industrie informatique a développé d'excellents systèmes redondants, notamment pour les banques, les centrales atomiques et les agences spatiales qui, comme nous, ont besoin de réseaux redondants. Les câbles peuvent être doublés pour les connexions longue distance cruciales: si un câble est défaillant, l'autre prend le relais. En tournée, il est même conseillé d'utiliser du matériel redondant car l'équipement informatique, conçu principalement pour un usage dans un environnement protégé et climatisé, peut avoir du mal à supporter les aléas de la tournée. Pour les applications plus sensibles et vulnérables, des solutions de remplacement conçues pour la scène sont disponibles.

#### Trois: la complexité

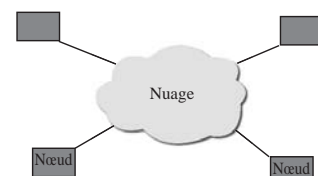
Chaque connexion fonctionnelle d'un système analogique est physique et donc visible, généralement sous la forme d'un câble XLR. Quiconque observe le système (ou se démène dans le plat de spaghetti à l'arrière de la console de mixage) peut voir ce qui est connecté à quoi. Par contre, c'est différent dans un réseau, car les connexions logiques y sont complètement distinctes des connexions physiques. Un coup d'œil à un réseau ne permet de voir que des dispositifs reliés à d'autres dispositifs par quelques câbles STP ou en fibre optique. Un câble peut parfaitement transporter deux signaux audio... ou trois-cent-soixante-huit. C'est impossible à deviner. Si les systèmes analogiques peuvent être imaginés et réalisés par des débutants, la conception d'un réseau audio requiert elle le savoir-faire d'ingénieurs système expérimentés, disposant de connaissances de pointe en technologie de réseau. Cela change considérablement le rôle que les concepteurs, les détenteurs et les utilisateurs de réseau jouent dans l'acquisition, la conception, la réalisation, l'entretien et l'utilisation des réseaux audio, un nouveau rôle auquel tous ces acteurs doivent s'habituer.



Premier schéma Ethernet de Robert Metcalfe



Commutateur



Architecture de réseau

## 4. Qu'est-ce qu'un réseau Ethernet?

### Ethernet

Dans les années 1970, le Palo Alto Research Center en Californie, USA ([www.parc.com](http://www.parc.com)), a mis au point des nouveautés informatiques fort intéressantes comme la souris, l'imprimante laser et les réseaux d'ordinateurs. L'internet est issu des premières versions de ces réseaux comme Aloha-Net et ARPA-Net. Robert Metcalfe a commencé par travailler chez PARC avant de fonder sa propre firme, 3COM. Il a conçu une norme de réseau extrêmement pratique, conçue pour un usage en bureau, appelée Ethernet. Plus de 30 ans plus tard, le monde entier se sert de cette norme pour élaborer des systèmes informatiques et tous les ordinateurs, smartphones et tablettes actuellement sur le marché sont pourvus d'un type de port Ethernet. Le protocole Ethernet est standardisé sous le numéro 802.3 par l'office de normalisation IEEE.

### Éléments de base des réseaux

Les éléments de base pour construire des réseaux Ethernet sont les cartes d'interface réseau intégrées dans des dispositifs tels que des ordinateurs ou consoles de mixage, les câbles pour les relier au réseau et les commutateurs (des dispositifs reliant tous les câbles d'un réseau et se chargeant de l'acheminement correct de toutes les informations dans le réseau). La vitesse de fonctionnement de ces éléments (déterminant la quantité d'informations qu'un réseau peut transporter) a évolué de 10 mégabits/seconde en 1972 à un gigabit/seconde et plus en 2014.

### Adressage

Ethernet divise le flux d'informations en petits paquets et les envoie sur le réseau au récepteur correspondant à l'adresse spécifiée par le transmetteur. Chaque carte d'interface réseau (NIC) a une adresse, et les commutateurs conservent des listes des adresses du réseau en mémoire pour savoir où envoyer les paquets de données. Chaque carte d'interface réseau au monde dispose d'une adresse unique, dite adresse MAC (Media Access Control), programmée par son fabricant. Il existe 280 milliards d'adresses MAC différentes et il n'existe qu'une seule firme au monde, l'institut de normalisation IEEE, qui attribue ces adresses aux fabricants de cartes. Cette procédure garantit que l'adresse MAC de chaque carte d'interface réseau au monde est unique: il n'y a pas de doubles qui empêcheraient le système de fonctionner. Outre les adresses MAC, une couche d'adresse «définissable par l'utilisateur» permet de faciliter la gestion des réseaux locaux. Cette adresse utilisateur supplémentaire est appelée adresse «Internet Protocol» ou adresse «IP». L'adresse IP comprend en principe 4 octets («IPv4»), répartis entre un numéro (ID) de réseau et une adresse hôte. Cette répartition est déterminée par une clé également de 4 octets, dite «masque de sous-réseau». Chaque bit de l'adresse IP correspondant à un «1» dans le masque de sous-réseau fait partie du numéro de réseau tandis que les bits correspondant à «0» font partie de l'adresse hôte. Il faut savoir que seules les cartes d'interface réseau ayant le même numéro de réseau peuvent échanger des données entre elles. Dans la plupart des cas, le numéro de réseau pour de petits réseaux privés comprend trois octets tandis que l'adresse hôte est d'un octet. Un octet (8 bits) peut avoir une valeur comprise entre 0 et 255. Les ordinateurs affichent les réglages de réseau en indiquant l'adresse IP et les valeurs de sous-réseau sous forme de quatre nombres entiers compris entre 0~255, correspondant aux quatre octets de l'adresse et du masque de sous-réseau. Pour les petits réseaux privés, le masque de sous-réseau a souvent la valeur 255.255.255.0: l'administrateur de réseau dispose donc de 255 adresses hôtes puisque seul le dernier octet peut être changé et assigné aux périphériques du réseau. Les trois premiers octets ne changent pas et constituent le numéro du réseau. Pour des réseaux plus vastes, le masque de sous-réseau peut être changé pour laisser plus de latitude aux adresses hôtes. Les utilisateurs doivent programmer l'adresse IP d'une carte d'interface réseau manuellement pour que le réseau fonctionne mais, très souvent, un dispositif central (commutateur, routeur ou ordinateur) peut être programmé pour effectuer cette tâche automatiquement avec le «Dynamic Host Configuration Protocol » (DHCP) quand une carte réseau est branchée. En 2008, une adresse IP de 16 octets ('IPv6') a été implémentée quand le nombre de périphériques connectés à l'internet a dépassé les possibilités des adresses à 4 octets. En revanche, les réseaux professionnels, dont les réseaux audio, utilisent toujours la version à 4 octets.

### VLAN

La norme Ethernet 802.1q permet de créer des réseaux locaux virtuels ou «Virtual Local Area Networks» (VLAN) au sein d'un réseau à grande vitesse. Plusieurs réseaux logiques peuvent ainsi coexister et utiliser le même matériel pour répondre au flux de travail d'un système, en vue par exemple de créer des réseaux logiques indépendants pour le son, l'image et les données de contrôle. La plupart des commutateurs gérés sont compatibles avec la norme VLAN.

### Réseau audio

Chaque appareil audio compatible Ethernet mis en réseau, comme les dispositifs Dante™, CobraNet™ et EtherSound™, dispose d'une carte d'interface réseau intégrée lui permettant de transmettre et de recevoir des données sur un réseau Ethernet. Les protocoles audio utilisent la couche d'adressage MAC pour transmettre et recevoir des données. Comme les adresses MAC sont uniques, les dispositifs peuvent être intégrés au sein de n'importe quel réseau Ethernet.



# 5. Topologies de réseau

## P2P

Stricto sensu, une topologie poste à poste (P2P) ne constitue pas un réseau, bien qu'un réseau puisse être utilisé pour créer un tel système. Un système P2P ne comprend que deux postes avec une connexion multi-canal fixe. AES3 (AES/EBU, 2 canaux), AES10 (MADI, 64 canaux) et AES50 (SuperMac, 48 canaux) sont des exemples de formats audio numériques pour systèmes P2P. Un appareil de distribution comme un répartiteur ou un routeur de matrice peut ajouter des postes au système.

## Chaîne

La chaîne est une topologie simple qui consiste à brancher les composants en série. Le protocole EtherSound™ permet d'effectuer des connexions selon une topologie en chaîne avec des appareils pouvant lire et écrire des données de canaux audio dans un flux de données bidirectionnel, d'une bande passante fixe de 64 canaux dans les deux directions. L'avantage de cette topologie tient à la simplicité relative et donc à la vitesse de l'acheminement des informations du réseau; un appareil de la chaîne EtherSound™ n'ajoute qu'une latence de 1,4 microsecondes au réseau. L'inconvénient de la topologie en chaîne est le comportement du système en cas de panne d'un composant de la chaîne: le système est alors coupé en deux sans connexion entre les deux parties. Les chaînes EtherSound™ peuvent être éclatées à l'aide de commutateurs pour former une topologie en étoile. Dans ce cas, le flux audio ne peut être qu'unidirectionnel en sortie de commutateurs. Certains dispositifs Dante™ disposent d'un petit commutateur intégré leur permettant d'assurer aussi la compatibilité avec la topologie en chaîne.

## Anneau

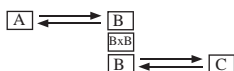
Une topologie en anneau est une chaîne dans laquelle le dernier appareil est relié au premier pour former un anneau. Comme tous les appareils d'un anneau peuvent atteindre les autres appareils dans deux directions, la redondance est intégrée: en cas de défaillance d'un appareil, seul cet appareil est coupé. Pour davantage de redondance, il est possible d'établir un double anneau. OPTOCORE® propose un système spécifique utilisant une topologie redondante en anneau d'une bande passante considérable pouvant aller jusqu'à 500 canaux audio, vidéo et connexions série. Rocknet propose une topologie redondante exclusive en anneau offrant jusqu'à 80 ou 160 canaux. La norme EtherSound™ ES-100 propose une topologie redondante en anneau de 64 canaux audio.

## Étoile

Une topologie en étoile exploite de façon optimale la bande passante d'un réseau; c'est pourquoi la plupart des réseaux informatiques sont conçus en étoile. Le centre de l'étoile gérant le trafic d'informations le plus important du réseau peut se voir doter d'une puissance de traitement et d'une redondance accrues tandis que les extrémités d'un réseau en étoile nécessitent une puissance de traitement nettement moindre. La topologie en étoile peut aussi se décliner en «arborescence» et en «étoile d'étoiles». Une topologie en étoile facilite également l'extension du système car elle permet la connexion de nouveaux composants à tout emplacement du réseau. Le rôle crucial joué par le composant central constitue toutefois un inconvénient car toutes les informations du réseau, en provenance et à destination des périphériques connectés, transitent par lui. En cas de défaillance, une partie considérable du réseau est affectée. Un réseau à topologie en étoile peut être rendu redondant avec le protocole Ethernet Spanning Tree. Dante™ et CobraNet™ utilisent une topologie en étoile offrant une redondance totale par l'entremise de doubles liens au réseau.

## Choix d'une topologie

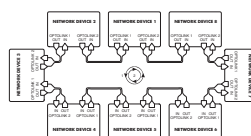
Chaque application peut faire appel à une ou à une combinaison de ces quatre topologies. A cet égard, les critères suivants sont déterminants: nombre de postes, nombre de canaux, latence, coût souhaité du système, fiabilité, faculté d'expansion, système ouvert ou fermé, technologie Ethernet standard ou système spécifique, etc. Le choix de la topologie exige un certain degré de connaissance en matière de réseaux et peut requérir l'assistance d'un consultant externe ou d'un concepteur de réseaux qualifié, ayant une solide expérience dans le domaine des réseaux audio.



Topologie P2P (MADI)



Topologie en chaîne (EtherSound™)



Topologie en anneau (OPTOCORE®)



Topologie en étoile (CobraNet™)

## 6. Types de redondance

### Agrégation des liens («Trunking»)

La norme d'agrégation de liens Ethernet IEEE 802.1.ad permet aux commutateurs gérés d'être connectés avec 2 câbles ou plus et de répartir le flux d'informations entre les câbles. Si un câble est défaillant, les autres se chargent automatiquement de la connexion perdue. Le lien agrégé passe à une vitesse inférieure quand un câble manque. Cela signifie que les liens agrégés doivent être conçus avec une solide réserve. L'agrégation de liens ne rend que la connexion redondante. En cas de défaillance d'un des commutateurs, les composants branchés à ce commutateur sont déconnectés.

### Anneau

Un anneau est en fait une chaîne d'appareils dont le dernier et le premier sont reliés. Chaque appareil est donc relié au réseau par deux câbles: en cas de défaillance de l'un d'eux, l'autre reste disponible. Une seconde panne coupe le réseau en deux. Une topologie redondante en anneau avec des protocoles de flux de paquets de réseau tels que Ethersound, Optocore et Rocknet offre une excellente redondance et nécessite moins de câbles que les topologies en étoile. Bien qu'une topologie en anneau puisse aussi être conçue pour fonctionner avec des protocoles de réseau de commutation par paquets tels que Dante™ et CobraNet™, cette option n'est pas recommandée car elle implique l'utilisation de commutateurs supplémentaires.

### Spanning Tree (arbre logique)

Dans les réseaux en étoile, les paquets d'informations sont transmis dans le réseau sur base des adresses IP et MAC. Il est vital que le réseau ait une architecture logique: pour chaque combinaison source–destination, il ne peut y avoir qu'un seul chemin actif à travers commutateurs et câbles. S'il existe plusieurs chemins actifs, des boucles peuvent se produire au sein du réseau. Les paquets d'informations tournent alors en rond dans la boucle, saturant le réseau. Les boucles ne sont généralement pas autorisées dans les réseaux en étoile, à l'exception des réseaux utilisant des commutateurs gérés compatibles avec le protocole IEEE 802.1w Spanning Tree Protocol (STP). Les commutateurs compatibles STP peuvent bloquer les ports provoquant une boucle et les débloquent en cas de panne du port actif de la boucle. Plusieurs boucles peuvent être créées dans un réseau pour protéger des zones de réseau. Pour obtenir une redondance intégrale, un réseau peut utiliser des commutateurs doubles à chaque poste, reliés l'un à l'autre. L'avantage est que le système peut faire face à n'importe quelle défaillance mais l'inconvénient est le temps qu'il met à se rétablir: plusieurs secondes pour de grands réseaux. La plupart des commutateurs gérés sont compatibles avec un type de STP - voire RSTP (Rapid STP) ou MSTP (Multiple STP).

### Dante™ et CobraNet™ Dual Link

Chaque dispositif Dante™ et CobraNet™ est doté de deux ports Ethernet: un port «primaire» et un port «secondaire» fonctionnant de façon redondante. Le port primaire est généralement utilisé mais si cette connexion se rompt, le port secondaire prend automatiquement le relais. Avec Dante™, un double réseau suffit pour obtenir une redondance intégrale; avec Cobranet™, un tel réseau doit en outre utiliser le protocole STP.

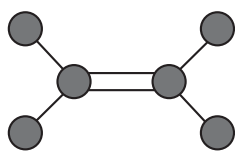
### EtherSound™ ES-100 PPM

La norme EtherSound™ ES-100 permet de brancher les dispositifs en anneau et de nommer l'un d'eux chef ou «Preferred Primary Master». Ce dispositif PPM bloque la boucle constituée par l'anneau en fonctionnement normal et la débloque en cas d'interruption de l'anneau par défaillance, fonctionnant ainsi selon un principe similaire au protocole Spanning Tree.

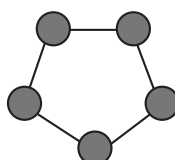
### Sélectionner un type de redondance

Pour chaque application, il est possible de choisir un type de redondance ou d'en combiner plusieurs. Le critère déterminant est le niveau de redondance requis: pour les tournées, il serait prudent d'utiliser des commutateurs redondants alors que pour les installations fixes des commutateurs simples peuvent suffire. En général, le minimum consiste à utiliser des câbles longue distance redondants en les séparant physiquement le plus possible. Un autre critère déterminant est le temps de rétablissement, à savoir le temps qu'il faut au système pour se remettre d'une défaillance de câble ou de commutateur.

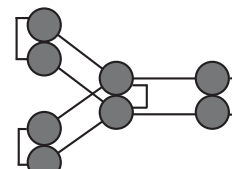
Dans le cas d'un système fermé comme OPTOCORE® et Rocknet™, le type de redondance est déterminé par le fabricant. Avec un équipement Ethernet standard, il faut une certaine connaissance préalable pour sélectionner le type de redondance et programmer tous les commutateurs d'un réseau audio.



Agrégation des liens ('Trunking')



Anneau



«Spanning Tree» avec commutateurs doubles

# 7. Câblage

## Câbles UTP et STP

La plupart des réseaux Ethernet utilisent des câbles contenant huit fils en cuivre torsadés par paires. Les câbles torsadés blindés sont appelés câbles STP («Shielded Twisted Pair») et offrent une protection contre les interférences électromagnétiques. Les câbles les plus couramment utilisés sont torsadés mais non blindés, et sont appelés UTP («Unshielded Twisted Pair»). Ces câbles et leurs connecteurs se déclinent en différentes qualités pour différentes applications et sont normalisés par la Telecommunications Industry Association ([www.tiaonline.org](http://www.tiaonline.org)) en catégories allant de 1 à 7. Ces catégories varient en fonction du matériel utilisé et de la torsion des paires de fils au mètre. CAT3 correspond à un câble basse qualité utilisé pour des réseaux Ethernet à basse vitesse de 10Mb. Pour les réseaux Ethernet de 100Mb, il faut des câbles CAT5 ou de catégorie plus élevée. Attention: Un câble CAT3 ressemble à un CAT5: vérifiez donc bien la catégorie indiquée sur la gaine du câble. Pour les systèmes Gigabit, une version améliorée de CAT5 est disponible: CAT5E. Les nouvelles catégories CAT6 et CAT7 sont encore plus performantes. Les catégories TIA font preuve de compatibilité ascendante. Au sein des catégories de câbles, plusieurs qualités sont disponibles: cœur massif pour installation, cœur flexible pour les connexions, gaines de protection et blindage par tresse et ruban (S/FTP) pour les tournées.

## Connecteurs UTP et STP

Les câbles de réseau Ethernet en cuivre utilisent des connecteurs RJ45. Généralement, les câbles et les connecteurs sont vendus séparément et les concepteurs et installateurs de réseau assemblent les câbles avec des outils simples. Les câbles d'installation rigides (cœur plein) et les câbles flexibles, tant UTP que STP, nécessitent différentes versions de connecteurs RJ45. Les fabricants de commutateurs appellent généralement les connecteurs pour câbles en cuivre CAT5 un connecteur «TX», à savoir «1000BASE TX». L'industrie audio utilise généralement le connecteur Neutrik EtherCon® comme connecteur RJ45 pour les tournées.

## Câbles en fibre optique

Les câbles en fibre optique peuvent gérer des fréquences nettement plus élevées que les câbles STP, sur des distances de plus de 10 kilomètres. Il existe deux types de fibres optiques: multimode et monomode. La fibre optique multimode peut gérer des connexions Gigabit pouvant aller jusqu'à 2 kilomètres. La fibre optique monomode nécessite une diode laser plus onéreuse mais peut gérer des connexions allant jusqu'à 80 kilomètres. Ces deux types de fibre optique sont disponibles dans les magasins d'installation de matériel informatique. Certaines firmes comme Fiberfox® proposent des câbles en fibre optique à caractéristiques militaires pour les tournées.

## Connecteurs optiques

Les connecteurs pour câbles en fibre optique sont disponibles en plusieurs modèles appelés SC, ST, LC etc. Comme il est très difficile d'assembler les connecteurs pour fibre optique, les câbles sont généralement vendus avec connecteurs. Les commutateurs utilisent souvent des systèmes modulaires pour proposer une connectique pour fibre optique: le module GigaBit Interface Converter (GBIC) et sa version miniature Small Formfactor Pluggable (SFP) constituent des normes dans le domaine. Les fabricants de commutateurs parlent généralement de connexions de réseau en fibre optique «FX», «LX» ou «SX» (ex: «1000BASE FX»). Pour les tournées, Neutrik propose le système de connexion OpticalCon® afin de renforcer la protection des connecteurs pour fibre optique. Connex propose Fiberfox®, un système de connexion utilisant des lentilles pour disperser le signal optique et le rendre moins sensible aux rayures et à la poussière.

## Convertisseur de média

Un commutateur dépourvu de module pour fibre optique peut utiliser un convertisseur de média (et vice versa). Les convertisseurs de média sont largement disponibles pour les connexions de bande passante élevée. Toutefois, il est recommandé d'utiliser des commutateurs disposant de modules optiques internes afin de minimiser la latence du système.





## 8. Dante™ sous la loupe

La société australienne Audinate® dévoile Dante™ en 2006, une solution exploitant des réseaux Gigabit Ethernet et offrant une alternative plus puissante aux réseaux 100Mb CobraNet™ et Ethersound. Dante™ est un protocole sous licence, adopté en 2014 par plus de 100 fabricants. Dante™ opère sur des réseaux exploitant des commutateurs normalisés compatibles avec les protocoles QoS et PTP requis, et permet la désactivation du mode EEE (Energy Efficient Ethernet ou «Ethernet à rendement énergétique»). Dans le cas de réseaux plus vastes, les commutateurs doivent aussi être compatibles avec le protocole IGMP Snooping.

### Concept

Dante™ gère les données audio en groupant en «flux» les canaux voyageant depuis le même transmetteur vers le même récepteur. Chaque flux se compose d'un maximum de 8 canaux, et est en principe généré sans intervention de l'utilisateur. Les périphériques Dante™ sont en outre dotés d'un système d'identification automatique qui permet de définir le routage audio sur simple base des noms de périphériques et noms de canaux. Ce système utilise le niveau 3 de l'OSI d'Ethernet (adressage IP). La majorité des équipements Dante™ requièrent l'utilisation de commutateurs Gigabit Ethernet, ce qui veut dire que les délais de mémorisation-renvoi et de file d'attente sont nettement inférieurs à ceux des réseaux de 100Mb. En fait, tous les périphériques de Dante™ asservis communiquent sur base régulière avec le périphérique maître de Dante™ afin de déterminer le retard approprié. Ils ajustent leur propre timing pour l'audio en fonction de ce retard. A cette fin, ils utilisent le protocole standard Ethernet «Precision Time Protocol» (PTP), ce qui garantit une précision de synchronisation d'une microseconde. En outre, Dante™ utilise une fonction Ethernet standard appelée «Quality of Service» (QoS) pour s'assurer que la synchronisation et les données audio de Dante™ soient traitées plus rapidement que toutes autres données dans les commutateurs. Ce qui permet à Dante™ de partager des réseaux avec du matériel informatique traditionnel de bureau et d'autres équipements IT.

### Routage

Dante™ propose le logiciel «Dante™ Controller», offrant une interface utilisateur de type matrice visuelle pour le routage des canaux, et compatible avec tous les périphériques Dante™ disponibles sur le marché. Certains fabricants offrent des méthodes alternatives de contrôle de routage Dante™, comme par exemple l'interface utilisateur de routage Dante™ adoptée sur les consoles de mixage CL et QL de Yamaha. Le logiciel gère aussi les paramètres de latence et de synchronisation. Audinate® propose aussi une carte virtuelle «Dante™ Virtual Soundcard» (DVS), capable de transmettre et de recevoir jusqu'à 64 canaux depuis et vers le réseau Dante™ via le port Ethernet d'un ordinateur. Cette fonctionnalité permet enfin d'intégrer des ordinateurs comme dispositifs d'E/S au sein de réseaux, et cela sans investissement supplémentaire en matériel.

### Redondance

Comme les périphériques CobraNet™, les dispositifs Dante™ offrent des ports primaires et secondaires de connexion au réseau. Ces deux ports peuvent être connectés à un réseau Gigabit à topologie en étoile afin d'offrir une redondance sans faille. Ainsi, par exemple, pour rendre les parties de commande et vidéo du réseau redondantes, des fonctions de redondance additionnelles sont disponibles, comme par exemple les fonctions Trunking et Spanning Tree.

### Chaîne

Certains produits Dante™ incorporent un petit commutateur géré leur permettant de se connecter aux ports primaires et secondaires d'un réseau. Ce commutateur peut être programmé de sorte à remplacer le port secondaire par un deuxième port secondaire, ce qui permet d'utiliser de simples chaînes pour une configuration facile de systèmes de scène. Cette fonctionnalité est présente sur les produits Yamaha QL, CL, Ri/o, MTX5D et XMV-D. Notez que la topologie redondante en anneau n'est pas prise en charge par cette méthode. L'agrégation des liens («Trunking») exploitant des commutateurs supplémentaires peut être mise à contribution pour créer une redondance de câblage.



Dante™ Controller



Carte son virtuelle DVS Dante™



Interface MY16-AUD Dante™

## 9. Cobranet™ sous la loupe

CobraNet™ est une invention de la société américaine Peak Audio, commercialisée en 1996 et exploitant les réseaux Ethernet de 100Mb standard de l'époque. Depuis, ce protocole a évolué et s'est imposé comme une norme mondiale d'excellentes réputation et fiabilité. Une norme qu'on retrouve toujours en 2014 dans de nombreux projets d'installations.

### Concept

Les données audio sont découpées en paquets Ethernet, et les morceaux de signaux audio sont ficelés en «bundles» (faisceaux) contenant une série d'échantillons audio de un, deux, quatre ou huit canaux. Les faisceaux peuvent être adressés avec le niveau Ethernet 2 (adressage MAC), faisant de CobraNet™ un véritable réseau: dans les limites de la bande passante disponible, le routage est totalement indépendant du câblage physique. Le défi majeur du transfert audio via Ethernet tient dans la synchronisation - l'audio doit parvenir à toutes les destinations du réseau exactement au même moment. Pour résoudre les problèmes de retard provoqués par la latence de mémorisation-renvoi des commutateurs du réseau, Peak Audio a conçu un procédé de synchronisation particulièrement ingénieux. Un dispositif CobraNet™ du réseau est désigné -automatiquement ou par l'utilisateur- comme maître d'horloge. C'est ce qu'on appelle un «chef d'orchestre» («conductor»). Ce maître d'horloge envoie plusieurs centaines de très petits «paquets de synchronisation» par seconde. Au moment de l'envoi d'un paquet de synchronisation, le réseau est inactif. Mais juste après la réception du paquet par tous les autres dispositifs, ces derniers se mettent tous à transmettre tous les paquets (faisceaux ou «bundles»), provoquant l'encombrement du réseau. Selon le nombre de paquets et l'importance des files aux ports de sortie des commutateurs du réseau, l'encombrement du réseau peut durer un certain temps. L'astuce du système CobraNet™ est que tous les périphériques CobraNet™ recevant des paquets d'audio attendent un certain temps avant de transmettre les données audio à leurs sorties. Selon l'importance du réseau, on peut ainsi choisir un délai de 5,3, 2,6 ou 1,3 millisecondes. Ce délai permet aux commutateurs d'éliminer les encombrements et de transmettre tous les paquets d'audio aux dispositifs destinataires. Et vu que les faisceaux contiennent assez d'échantillons pour couvrir exactement le délai, l'approvisionnement des dispositifs de sortie et par conséquent le flux de signal audio sont constants. En outre, le fait que le paquet de synchronisation est envoyé quand le réseau est inactif (aucun transfert de données audio) permet au paquet d'atteindre très rapidement les autres dispositifs et produit une synchronisation de toutes les sorties avec une précision de l'ordre de quelques microsecondes. Une fois le délai d'attente écoulé, le réseau est à nouveau inactif et le chef d'orchestre envoie un nouveau paquet de synchronisation, répétant la procédure depuis le début. CobraNet™ permet l'implémentation d'autres fonctions Ethernet sur le réseau, comme la vidéo et le contrôle de périphériques, à condition que la bande passante combinée ne dépasse pas 100Mb.

### Routage

Le routage est effectué via la numérotation des faisceaux. Un faisceau («bundle») est soit «multicast» (transmis à tous les dispositifs CobraNet™ du réseau), soit «unicast» (transmis à un seul dispositif). Vu qu'un faisceau multicast est transmis à tous les autres périphériques, il monopolise de la bande passante sur tous les câbles. Un réseau multicast CobraNet™ offre un maximum de 64 canaux par connexion de 100Mb. Si un signal audio doit arriver à une seule destination, un faisceau unicast peut être utilisé, car il monopolise de la bande passante uniquement sur les ports et câbles entre le transmetteur et le récepteur. Cette méthode permet de libérer un maximum de canaux sur le réseau. Les paramètres des faisceaux, tels que numérotation, taille, mode de latence, priorité de chef d'orchestre, etc. peuvent être pris en charge par un logiciel. Cirrus Logic, le détenteur actuel des licences CobraNet™, propose la suite logicielle «CobraNet Discovery», tandis que les fabricants de périphériques CobraNet™ proposent aussi leur propre logiciel - comme par exemple Yamaha et son logiciel «CobraNet Manager lite». Bien que CobraNet™ est parfaitement conforme à la norme Ethernet, Cirrus Logic n'a jamais produit de pilote permettant la transmission et réception directes sur des ordinateurs.

### Redondance

En vue d'offrir une redondance, les périphériques CobraNet™ disposent de deux ports: un primaire et un secondaire. Ce système permet d'activer le port secondaire quand la connexion du port primaire est rompue. Cette méthode de connexion à double lien («dual link») peut être combinée aux fonctions Spanning Tree et Trunking pour garantir la redondance des systèmes.

### Disparition progressive

Quand CobraNet™ a vu le jour, les commutateurs souffraient de longs délais de mémorisation-renvoi, ce qui demandait l'adoption du mode de latence de 5,3ms, même pour les petits réseaux. Cette latence étant problématique pour les systèmes de tournée, CobraNet™ est surtout utilisé dans les installations fixes. Quand les commutateurs Gigabit puissants et rapides font leur apparition vers l'an 2000, le mode 1,3ms peut être appliqué aux systèmes de scène de taille intermédiaire. Vu que d'une part CobraNet™ est délaissé par son détenteur actuel Cirrus Logic, et que d'autre part Dante™ propose maintenant une alternative plus puissante, on observe une lente disparition de CobraNet™.

# CobraNet®



Circuit intégré CobraNet™



Routage CobraNet™  
(logiciel DME designer)



Carte d'interface CobraNet™

# 10. Ethersound™ sous la loupe

En 2001, la société française Digigram dévoile EtherSound™, proposant une alternative plus simple et plus rapide à CobraNet™ pour les systèmes nomades. Selon le constructeur, une simple chaîne suffit pour les applications sonores de scène. L'adoption d'une topologie en chaîne affranchit de l'obligation d'adressage: chaque périphérique n'envoie qu'à un autre dispositif et ne reçoit que d'un autre périphérique. Cela signifie que les commutateurs sont superflus, de sorte qu'il n'y a pas de délai de mémorisation-renvoi sur le réseau. En outre, vu qu'il n'y a jamais qu'un seul flux de paquets audio transitant par les câbles, les files d'attente sont un phénomène inconnu. Grâce à cette utilisation simplifiée de l'Ethernet, un périphérique EtherSound™ affiche une latence de seulement 1,4 ms. Vu cette latence extrêmement faible, le système utilise les paquets audio pour la synchronisation: pas besoin de système d'horloge ingénieux donc. Bien qu'EtherSound™ ne repose pas sur l'adressage de paquets Ethernet, il n'en est pas moins un véritable réseau: au sein des 64 canaux de bande passante disponible, les connexions audio peuvent être effectuées indépendamment du câblage physique.

## Concept

Un périphérique EtherSound™ ne dispose pas de ports primaire et secondaire comme CobraNet™ et Dante. Au lieu de cela, il a des ports IN et OUT. Ces ports compatibles Ethernet 100Mb sont exploités à 100% avec un flux de 48.000 paquets par seconde, contenant chacun 64 canaux d'échantillons audio individuels à 48kHz. Qui dit exploités à 100% dit aussi qu'il n'y a plus de ressources disponibles. De ce fait, bien qu'EtherSound™ soit entièrement compatible avec la norme Ethernet, ce type de réseau ne peut exploiter d'autres fonctions Ethernet telles que la vidéo et les données de contrôle - à moins qu'il ne soit acheminé via un routage indépendant à travers un réseau virtuel (VLAN) par l'entremise d'un réseau Gigabit.

## Routage

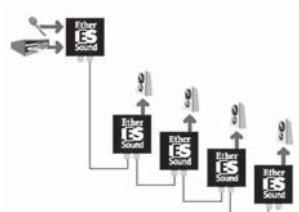
Le flux de données provenant du périphérique connecté au port IN et transféré au périphérique connecté au port OUT est appelé «aval». Ce routage achemine les canaux, du premier périphérique jusqu'au dernier, ainsi qu'à tous les périphériques intermédiaires. Le flux de données parvenant au périphérique connecté au port OUT et retransmis au périphérique connecté au port IN est appelé «amont». Ce routage achemine les canaux, du dernier périphérique jusqu'au premier, ainsi qu'à tous les périphériques intermédiaires. L'acheminement des canaux est géré par le logiciel AVS-Monitor du fabricant Auvitran: sélection des canaux à ponctionner en amont/aval et acheminement aux sorties des périphériques, et sélection des canaux ponctionnés sur les entrées des périphériques et insérés en amont/aval. Auvitran propose aussi un pilote ASIO permettant l'envoi et la réception d'un maximum de 64 canaux via le port Ethernet standard d'un ordinateur.

## Redondance

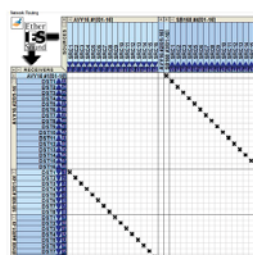
La dernière version en date d'EtherSound™ se nomme «ES100». Celle-ci permet de fermer la chaîne de sorte que tous les périphériques adoptent un protocole de redondance similaire à l'arbre logique («Spanning Tree»), formant ainsi un anneau redondant. Le délai de relais est extrêmement rapide - à peine quelques échantillons. En outre, les protocoles Trunking et Spanning Tree peuvent être adoptés sur de plus grands réseaux à l'aide de commutateurs Gigabit.

## Disparition progressive

Bien qu'EtherSound™ dispose d'une largeur de bande limitée, c'est un système très simple à configurer. Il peut être utilisé sans le moindre commutateur, avec une latence assez basse pour les systèmes de scène. Comme CobraNet™, EtherSound™ est en train de disparaître progressivement et de faire place à Dante™, qui offre une alternative plus puissante.



Topologie en chaîne



Logiciel AVS-Monitor d'Auvitran



Carte d'interface MY16-ES64

## **11. Autres protocoles de réseau audio**

D'autres protocoles ou normes de réseau audio compatibles Ethernet sont actuellement introduits sur le marché de l'audio professionnel. Ces solutions, telles que Dante™, sont basées sur le niveau OSI 3, mais elles ne sont pas très répandues. Elles comportent chacune un nombre d'avantages légèrement différents.

### **AVB**

AVB («Audio Video Bridging») désigne un type de réseau adoptant un ensemble de protocoles détaillés par le comité des normes IEEE 802.1. Ces protocoles comprennent des fonctions garantissant (1) la synchronisation précise de tous les périphériques du réseau, (2) la mise à disposition de la bande passante nécessaire pour les données audio et vidéo, et (3) la fluidité du flux de données, afin d'éviter les étranglements et ralentissements sur le réseau. Un groupe de fabricants de matériel AV et informatique a formé «l'AVnu Alliance» afin de définir des lignes directrices garantissant l'interopatibilité de tous les périphériques conformes AVB produits par cette alliance de constructeurs. Le premier équipement AVB certifié compatible par l'alliance AVnu est sorti en 2014. Toutefois, les réseaux AVB requièrent l'utilisation d'un matériel de commutation spécial qui, à l'heure actuelle, est à la fois onéreux et difficile à trouver. En outre, au moment de la publication de cette brochure, aucun accord ne définit le système de redondance. Yamaha et Audinate® se sont tous deux joints à l'AVnu Alliance.

### **AES67**

En septembre 2013, l'industrie découvre la norme AES67, destinée à l'audio de pointe sur les réseaux IP. Opérant sur la couche 3 de réseau, cette norme offre des recommandations dans plusieurs domaines, dont notamment la synchronisation, l'identification de l'horloge de support et le transport sur réseau. Selon une déclaration d'Audinate® faite en février 2014, Dante™ adoptera la norme AES67, afin de permettre le partage de données audio entre les équipements Dante™ et d'autres dispositifs conformes AES67.

### **Ravenna**

Ravenna est le nom d'une ville d'Italie, là où est enterré Dante™ Alighieriqui, l'auteur de la «Divine Comédie». C'est en ces termes un peu insolents que le réseau Ravenna est présenté en 2010 par un groupe de fabricants de matériel pro audio se concentrant sur la radiodiffusion. Comme Dante, Ravenna est une solution de niveau 3 basée sur réseau IP. Elle exploite des normes IEEE, comme par exemple PTP pour la synchronisation d'horloge et QoS pour la gestion du flux de données. Ravenna est déjà compatible avec la norme AES67, et a été adoptée par des fabricants d'équipement pro audio tels que Lawo, Genelec et Merging Technologies.

### **OCA**

«Open Control Architecture» (OCA), ou architecture de contrôle ouverte. Il ne s'agit pas d'un protocole de réseau audio, mais d'un ensemble de spécifications élaborées communément par l'OCA Alliance (un groupe de fabricants d'équipements pro audio, dont Yamaha fait partie). Le but de cette architecture est d'élaborer et de proposer une norme de communication pour le contrôle et l'écoute de réseau, d'utilisation gratuite et à laquelle se conformeront les périphériques de réseau audio dans le futur. Il semblerait bien que cette norme améliorera la compatibilité entre les logiciels et périphériques des divers fabricants.



Logo AVB



Logo RAVENNA



## **12. Mise en place du système**

### **Utilisateurs du système**

Du point de vue de l'utilisateur, un système de réseau audio bien conçu ne pose pas le moindre problème. Il offre une connectique simple, une grande souplesse en matière de logistique, il s'adapte aux situations les plus complexes et exigeantes comme les installations dans des salles de cinéma ou de concert, des centres de loisirs, des écoles etc. Pour les tournées (théâtre, concerts de musique pop, music-halls, opéras etc.), les réseaux numériques audio propres ou loués peuvent rendre d'énormes services.

### **Mise en place du système**

La mise en place est généralement gérée en partie par l'équipe technique du propriétaire du réseau et en partie par un consultant ou un concepteur de système. Comme la réalisation d'un réseau nécessite une expertise en technologie de réseau ne faisant pas partie de la formation des ingénieurs du son, le rôle des consultants et des concepteurs de réseau est appelé à s'accroître: ils doivent se charger de la définition des caractéristiques, de la conception et de la programmation des réseaux audio ainsi que de l'élaboration de procédures simples de maniement et de configuration à destination des utilisateurs du réseau.

### **Caractéristiques du système**

Avant tout, il faut établir les caractéristiques du système audio. Un réseau numérique audio ouvre un large éventail de possibilités mais sans une connaissance approfondie de la technologie de réseau, il est très difficile d'évaluer si les caractéristiques souhaitées sont possibles ou non. Les caractéristiques d'un réseau audio comprennent le nombre de canaux audio, le nombre de postes, la distance séparant les postes, les réglages de qualité audio requis, le niveau de redondance, les services de contrôle etc. Si un réseau fixe utilise une infrastructure informatique existante, l'administrateur du réseau informatique devrait également être impliqué dans la définition des caractéristiques. Pour un réseau nomade, il faut inclure des caractéristiques spéciales de maintenance telles que la qualité des câbles et des connecteurs ainsi qu'une standardisation des connexions. Sur base des caractéristiques du système, il est possible de sélectionner un format de réseau, un format audio pour réseau, une topologie de réseau, un type de redondance et de connectique aussi conformes que possible aux caractéristiques.

### **Composants audio**

Les systèmes fermés proposent une gamme de composants audio déterminée par le fabricant. Les systèmes ouverts permettent d'intégrer les composants de n'importe quelle marque compatible avec la norme du réseau audio. Dante™, CobraNet™ et EtherSound™ sont des exemples actuels de réseaux numériques audio ouverts.

### **Composants de réseau**

Pour les systèmes fermés, le fabricant fournit le matériel de réseau. Pour les systèmes ouverts, la palette de composants de réseaux est énorme: le marché informatique arrivé à maturité propose de nombreuses marques de matériel de réseau de qualités et de niveaux fonctionnels différents. Pour les systèmes Dante™, les commutateurs doivent répondre à une série d'exigences en matière de fonctionnalités de base. Les fabricants recommandent souvent l'utilisation de commutateurs qui ont fait leurs preuves.

### **Extension ultérieure**

Les systèmes fermés proposent des extensions dans les limites de l'offre du fabricant. Les systèmes ouverts utilisant la technologie de réseau standard offrent l'échelonnement répondant aux vœux de l'utilisateur. Après l'acquisition d'un système, l'utilisateur peut élargir le réseau et ajouter des composants audio sans se limiter aux marques de composants du système original.

### **Concepteur de système qualifié**

Un réseau numérique audio demande un certain degré d'expertise et nécessite le recours à un consultant ou un concepteur de système qualifié. Cette qualification n'est validée que par une connaissance approfondie et une expérience attestée dans la mise en place de réseaux audio en usage.



# 13. Investir dans un réseau audio numérique

## Coût du système

Le coût total d'un système correspond à la somme des coûts des composants, de la main-d'œuvre pour la conception, la réalisation et l'exploitation. En gros, un réseau audio augmente les coûts des composants et diminue les coûts de main-d'œuvre. L'investissement dans un réseau audio influe également sur les coûts ultérieurs d'exploitation et de maintenance du système. L'utilisation d'un réseau audio pour tournées permet de réaliser des économies substantielles sur la logistique et le temps d'installation. Les installations fixes bénéficient du faible coût de modification du système.

## Coût des composants

Les systèmes P2P et réseaux audio ayant remplacé le câblage analogique longue distance, les coûts des composants correspondants sont passés du câblage aux interfaces. Alors que les systèmes basés sur P2P (tels que AES10 - MADI, AES50 - SuperMAC) nécessitent des routeurs dédiés à chaque point de connexion, les systèmes en réseau permettent eux d'utiliser des commutateurs de réseau standard moins onéreux. Dans le cas d'une configuration simple impliquant l'interconnexion de deux appareils (une seule console et un seul boîtier de scène, par exemple), la différence de coût n'est pas énorme. Toutefois, dès que la complexité du système augmente, les réseaux audio offrent souvent la solution la plus rentable.

## Coûts de main-d'œuvre

Dans les systèmes P2P, les spécifications de câblage sont directement liées aux besoins en fonctionnalités du système. La gestion doit en outre être confiée à du personnel qualifié et expérimenté. Dans les réseaux numériques audio, le câblage est entièrement indépendant des besoins en fonctionnalités (dans les limites de la bande passante disponible), ce qui permet de confier le travail à du personnel moins expérimenté. Dans les installations, tout changement fonctionnel peut être apporté après la mise en service sans devoir modifier le câblage, ce qui comprime encore davantage les coûts de main d'œuvre.

## Longueur d'avance sur la concurrence

Un réseau audio numérique offre une qualité et un niveau de fonctionnalité nettement supérieurs à un système P2P. Les projets devenant de plus en plus complexes, un nombre croissant de tâches ne peuvent plus se faire sans réseau audio. L'investisseur assez avisé pour acquérir un tel réseau a un net avantage sur la concurrence qui en est restée aux solutions P2P. Cette avance sur la concurrence doit également entrer en ligne de compte dans le calcul des coûts.

## Conclusion

Chaque système a ses avantages et ses inconvénients. Trop de variables entrent en jeu pour établir une comparaison valable des coûts. Le remplacement d'un système analogique ainsi que P2P par un réseau audio numérique implique des coûts inférieurs ou équivalents pour les composants, des frais de main-d'œuvre moindres et une avance accrue sur la concurrence. Plus un système est vaste ou complexe, plus l'investissement est rentable.

Économies sur les composants  
(comparé aux câblages analogiques)



*Pas de multipaire analogique*

Coûts du réseau audio



*Investissement dans du matériel de réseau & câblage*

Économies de main-d'œuvre



*Réseau nomade: économies sur le transport, la manutention*

Longueur d'avance sur la concurrence



*Fonctionnalité et flexibilité accrues*



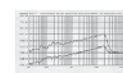
*Pas de boîtier de scène ni de répartiteur*



*Investissement dans du matériel E/S*



*Réseau fixe: économies sur le câblage*



*Qualité audio supérieure*

# 14. Terminologie des réseaux audio

<b><u>Adresse globale</u></b>	Adresse IP permettant une connexion à l'internet. Les adresses globales sont allouées par InterNIC ( <a href="http://www.internic.org">www.internic.org</a> ) pour garantir l'unicité de chaque adresse.
<b><u>Adresse IP</u></b>	Adresse de protocole internet (Internet Protocol), définissable par l'utilisateur pour gérer les flux d'informations sur un réseau. L'adresse IP est constituée d'un numéro du réseau et d'un numéro d'hôte. Elle permet d'acheminer des données sur un réseau local (LAN: réseau de bureau, en principe adoptant le protocole IPv4 avec adressage à 4 octets) et sur un réseau étendu (l'internet, en principe via le protocole IPv6 avec adressage à 16 octets).
<b><u>Adresse MAC</u></b>	Media Access Control, système d'adressage utilisant une adresse de 48 bits (6 octets), allouée par l'organisme de normalisation IEEE. 48 bits permet de créer 280 milliards d'adresses uniques: il n'y a pas de doublons.
<b><u>Adresse privée</u></b>	Adresse IP utilisée pour des réseaux privés sans demander l'approbation d'InterNIC. Classe A: 10.0.0.0-10.255.255.255 Classe B: 172.16.0.0-172.31.255.255 Classe C: 192.168.0.0-192.168.255.255. Ces adresses ne sont pas acheminables et sont limitées à un usage au sein d'un sous-réseau local.
<b><u>AES/EBU</u></b>	Format audio numérique normalisé par l'Audio Engineering Society et l'Union européenne de radio-télévision sous forme AES3. Il utilise un câblage symétrique en cuivre à 2 canaux par connexion.
<b><u>AES67</u></b>	Liste de recommandations de l'Audio Engineering Society pour le transport d'audio de hautes performances sur réseaux IP. Il ne s'agit pas d'un protocole de transfert audio en soi.
<b><u>Agrégation des liens («Trunking»)</u></b>	Utilisation de plusieurs câbles pour brancher des commutateurs compatibles avec la fonction IEEE802.3ad Link Aggregation. Cette agrégation de liens sert de connexion unique haute capacité ou de connexion redondante.
<b><u>Anneau</u></b>	Un réseau en chaîne dont les deux extrémités sont connectées pour former un anneau. A la différence d'une chaîne, un anneau peut transmettre des données dans deux directions. Il est donc naturellement redondant: en cas de défaillance, tous les dispositifs restent reliés.
<b><u>Architecture de contrôle ouverte (OCA)</u></b>	Architecture d'interopérabilité d'écoute et de contrôle de système, conçue pour simplifier la conception et l'intégration des réseaux de supports professionnels.
<b><u>AVB Audio Video Bridging</u></b>	Type de réseau utilisant des commutateurs et autres équipements particuliers qui ont contribué à l'implémentation de l'ensemble de protocoles AVB. Cela garantit synchronisation, bande passante et cohérence.
<b><u>AVnu Alliance</u></b>	Forum dédié à améliorer l'utilisation de l'AVB et l'interopérabilité des équipements produits par les membres de ce groupe.
<b><u>Bridge (Pont)</u></b>	Dispositif permettant de relier des réseaux. Les ponts utilisent les adresses MAC et ignorent l'adressage IP. Pour relier des réseaux au niveau de l'adressage IP, il faut utiliser un routeur.
<b><u>Broadcast</u></b>	La norme Ethernet 802.3 permet de diffuser des informations à tous les dispositifs d'un réseau sous forme de paquets broadcast (multidiffusion). EtherSound™ exploite cette méthode pour transmettre des canaux audio sur un réseau en chaîne.
<b><u>Bundle</u></b>	Paquet d'informations CobraNet™ pouvant contenir jusqu'à huit canaux audio à 48kHz. Ce type de paquet est de 20 ou 24 bits, avec une latence de 1,33, 2,66 ou 5,33 ms.
<b><u>CAT5</u></b>	Câble de catégorie 5 capable de véhiculer 100Mb de signaux de réseau sur une distance allant jusque 100 mètres.
<b><u>CAT5E</u></b>	Câble CAT5 à caractéristiques étendues pour des fréquences plus élevées. Les câbles CAT5E sont à même d'assurer les connexions Gigabit Ethernet.
<b><u>Chaîne</u></b>	Mode de connexion de dispositifs. En cas de défaillance d'un dispositif, le réseau est coupé en deux.
<b><u>Classe de réseau</u></b>	Catégorisation de masque de sous-réseau selon la partie de l'adresse IP consacrée au numéro de réseau et celle consacrée à l'adresse hôte. Classe A: 1 octet (8 bits) pour le no. de réseau, 3 octets (24 bits) pour l'adresse hôte. Classe B: 2 octets (16 bits) pour le no. de réseau, 2 octets (16 bits) pour l'adresse hôte. Classe C: 3 octets (24 bits) pour le no. de réseau, 1 octet (8 bits) pour l'adresse hôte. Les petits réseaux de bureau utilisent généralement la classe C.
<b><u>CobraNet™</u></b>	Protocole de réseau utilisant Ethernet pour transmettre des données audio, de contrôle et de pilotage sur un réseau de 100Mb avec une limite de 64 canaux par connexion.
<b><u>Commutateur</u></b>	Dispositif de réseau reliant divers composants du réseau. Les commutateurs sont des hubs intelligents qui ne retransmettent les paquets reçus qu'à l'adresse de destination du paquet.
<b><u>Commutateur géré</u></b>	Commutateur doté de facultés supplémentaires telles que la gestion de réseaux locaux (VLAN), de l'agrégation («Trunking»), du protocole «Spanning Tree», de la qualité de service, de la collecte de statistiques et de la détection d'erreurs.
<b><u>Convertisseur de média</u></b>	Convertisseur de connexion optique en connexion RJ45 en cuivre et vice versa. Les convertisseurs de média sont disponibles pour la plupart des connecteurs optiques et des vitesses.
<b><u>Dante</u></b>	Technologie de mise en réseau de supports numériques multicanaux, basée sur les normes de l'industrie informatique et offrant une latence très basse et une haute précision de synchronisation. Dante™ offre une capacité de plus de 500 canaux par connexion.
<b><u>Dual link</u></b>	Méthode de redondance CobraNet™ consistant à doubler la connexion d'un dispositif de réseau: si une connexion est défaillante, l'autre prend la relève.
<b><u>EEE Energy Efficient Ethernet</u></b>	Ce protocole à haut rendement énergétique, parfois appelé «Ethernet vert», standardisé sous la norme IEEE 802.3az. Il vise à réduire de 50% environ la consommation des commutateurs. Toutefois, son absence de compatibilité systématique avec les dispositifs de réseau audio tels que Dante n'en fait pas une solution de choix. Il est préférable de l'éviter ou de le désactiver.
<b><u>End of Loop</u></b>	Les versions 2.09 et ultérieures d'EtherSound™, y compris ES-100, permettent de créer plusieurs segments bidirectionnels dans une chaîne. Outre le réglage «Primary Master», n'importe quel dispositif peut faire fonction de fin de boucle («End Of Loop») pour clôturer le segment bidirectionnel et bloquer la transmission en amont des données.

<b><u>ES-100</u></b>	Nouvelle version d'EtherSound™ offrant plus de possibilités. ES-100 permet d'exploiter une topologie redondante en anneau.
<b><u>EtherCon®</u></b>	Connecteur RJ45 doté d'un manchon XLR résistant aux aléas des tournées, fabriqué par Neutrik.
<b><u>Ethernet</u></b>	Le protocole de réseau le plus utilisé au monde, standardisé par l'Institute of Electrical and Electronics Engineers sous la norme IEEE802.3.
<b><u>EtherSound™</u></b>	Protocole de réseau utilisant Ethernet pour transmettre des données audio, de contrôle et de pilotage sur un réseau de 100Mb. EtherSound™ utilise une topologie en chaîne avec bande passante fixe de 64 canaux et latence déterministe (variable selon l'importance du réseau) extrêmement faible. Une nouvelle version d'EtherSound™ aux possibilités étendues a été introduite en 2006, à savoir ES-100.
<b><u>Étoile</u></b>	Topologie de réseau la plus couramment utilisée. Le centre de l'étoile peut se voir doter de commutateurs d'une puissance de traitement importante tandis que les extrémités d'un réseau en étoile peuvent se contenter d'une puissance moindre. «Étoile d'étoiles» ou «Arborescence» sont des variations de cette topologie.
<b><u>Fiberfox®</u></b>	Connecteur pour câbles en fibre optique résistant aux aléas des tournées. Il disperse le signal lumineux avec une lentille pour augmenter la surface de contact du connecteur. Cette surface plus grande est moins sensible aux rayures et à la poussière.
<b><u>Fibre optique</u></b>	Mode de transport d'informations utilisant la lumière. Il y a deux types de fibre optique: monomode et multimode. La fibre optique peut gérer des flux d'informations sur une large bande passante et sur plusieurs kilomètres.
<b><u>GBIC Convertisseur d'interface GigaBit</u></b>	Modules permutables à chaud ajoutant une connectique gigabit en cuivre ou optique à un commutateur.
<b><u>Gigabit</u></b>	Un milliard de bits (1.000.000.000 bits; Gb). Un lien gigabit peut transporter un gigabit d'informations par seconde: 10 fois plus de données que les liens 100Mb (100 mégabits par seconde du protocole Fast Ethernet)
<b><u>Hub</u></b>	(Hub répéteur) Simple dispositif de réseau qui retransmet les paquets entrants à tous les ports sans vérifier les adresses. Les répéteurs peuvent relier des segments de réseau pour créer un grand réseau. Cette technologie est dépassée et ne doit en aucun cas être utilisée dans les systèmes récents.
<b><u>IGMP Snooping</u></b>	Fonction de commutation, permettant au périphérique «d'espionner» les messages de protocole de gestion des groupes internet («Internet Group Management Protocol» ou «IGMP»). Ce système permet au commutateur d'empêcher le trafic vers des postes non souhaités et libère de la bande passante sur le réseau.
<b><u>Latence</u></b>	(Latence de réseau, délai de transmission). Temps nécessaire pour qu'un paquet d'informations soit transmis de la source à la destination.
<b><u>Loop Back</u></b>	Un dispositif EtherSound™ réglé sur «Loop Back» transmet ses données en aval sous forme de paquets broadcast et en amont vers le dispositif «Primary Master» (ou «End Of Loop», V2.09 et ultérieure) sous forme de paquets unicast, créant un segment de chaîne bidirectionnel entre ces deux dispositifs.
<b><u>MADI</u></b>	Multichannel Audio Digital Interface, un protocole audio normalisé par l'AES en tant que AES10. Une seule connexion MADI peut transférer 64 canaux de données audio de 24 bits.
<b><u>Masque de sous-réseau</u></b>	Numéro déterminant la partie d'une adresse IP représentant le numéro de réseau et celle représentant l'adresse hôte.
<b><u>Mégabit</u></b>	Un million de bits (1.000.000 bits; Mb). Une connexion Fast Ethernet peut véhiculer 100Mb de données par seconde. Une connexion Gigabit en transporte 1000Mb. Dans ce document, une vitesse de connexion ou une bande passante de 100 mégabits par seconde est désignée par «100Mb».
<b><u>Modèle OSI</u></b>	Modèle standardisé de protocoles de réseau publié par l'organisme international de normalisation ISO (www.iso.org). Le modèle OSI différencie sept niveaux définissant la forme physique des données électriques (niveau 1) jusqu'aux applications de service de réseau (niveau 7). L'adressage MAC est défini au niveau 2 et l'adressage IP au niveau 3.
<b><u>Monomode (fibre optique)</u></b>	Connexion capable de gérer d'importants flux de données sur une distance allant jusqu'à 80 kilomètres, selon la norme du réseau. La connexion monomode utilise un type de laser très puissant et onéreux.
<b><u>Multicast</u></b>	La norme Ethernet 802.3 permet de diffuser des informations à plusieurs dispositifs d'un réseau sous forme de paquets multicast. L'information peut être prise n'importe où dans le réseau.
<b><u>Multi Unicast</u></b>	Certains dispositifs audio permettent le transfert d'informations à un nombre limité de destinations, sous forme de transmission «multi unicast». Pour envoyer des bundles à de nombreuses destinations, il faut utiliser la transmission multicast.
<b><u>Multimode (fibre optique)</u></b>	Connexion capable de gérer d'importants flux de données sur une distance allant jusqu'à 2 kilomètres, selon la norme du réseau. Une connexion multimode utilise un type de laser peu onéreux.
<b><u>OpticalCon®</u></b>	Connecteur Neutrik à manchon XLR abritant des connecteurs optiques de type LC, protégeant ainsi les extrémités vulnérables des câbles à fibre optique des rayures et de la poussière.
<b><u>OPTOCORE®</u></b>	Norme de réseau audio à topologie en anneau pouvant gérer plus de 500 canaux, des connexions vidéo et série avec une faible latence.
<b><u>Pont série</u></b>	Connexion série au sein d'un réseau CobraNet™ permettant d'utiliser le réseau pour communiquer avec des appareils RS232.
<b><u>Precision Time Protocol (PTP)</u></b>	Norme IEEE 1588 de synchronisation d'horloge. Cette norme adoptant une architecture maître-esclave et offrant une précision de moins d'une microseconde est adaptée aux réseaux audio.
<b><u>Preferred Primary Master</u></b>	Les dispositifs EtherSound™ ES-100 peuvent être utilisés dans une topologie redondante en anneau, avec un dispositif faisant office de «Preferred Primary Master». Ce dispositif bloque l'anneau (pour en faire une chaîne) mais le débloque si une connexion est perdue.
<b><u>Primary Master</u></b>	Le premier dispositif d'une chaîne EtherSound™ est appelé «Primary Master». C'est de cette extrémité en amont de la chaîne que part le flux de données audio des 64 canaux. En mode bidirectionnel, le «Primary Master» est le dernier dispositif à recevoir les données renvoyées en amont. Un ordinateur sur lequel tourne le logiciel «ES Monitor» peut être branché au port IN du Primary Master pour écouter et contrôler tous les dispositifs du réseau EtherSound™.

<b><u>Protocole «Spanning Tree»</u></b>	Norme Ethernet IEEE802.1d. Protocole pour commutateurs Ethernet bloquant les boucles dans les réseaux et les réactivant en cas de défaillance d'un lien actif.
<b><u>QoS Quality Of Service</u></b>	Fonction Ethernet permettant aux commutateurs d'accorder une priorité supérieure à certains types de données, et permettant un passage plus rapide par un commutateur. Dante™ utilise cette fonction pour garantir une latence basse.
<b><u>Ravenna</u></b>	Réseau de support basé sur IP et sans licence, reposant sur des protocoles et équipements informatiques. Ce type de réseau est surtout utilisé dans l'industrie de la radiodiffusion professionnelle, et permet aux fabricants de participer à son développement continu.
<b><u>Redondance</u></b>	Fait de doubler certains éléments d'un réseau pour compenser automatiquement une défaillance dans le réseau.
<b><u>RJ11</u></b>	Connecteur pour câblage en cuivre de téléphonie.
<b><u>RJ45</u></b>	Connecteur pour câblage en cuivre de réseau (CAT5, par exemple).
<b><u>Routeur</u></b>	Dispositif permettant de relier des réseaux. Un routeur fonctionne avec des adresses IP et peut acheminer des données entre des réseaux différents. Les routeurs sont rarement utilisés dans les réseaux audio.
<b><u>RS232</u></b>	Connecteur série standardisé par l'Electronics Industry Alliance (EIA) définissant des caractéristiques électriques et mécaniques, compatible avec les connexions P2P à faible résolution. En 1991, une norme mise à jour, RS232C, a vu le jour.
<b><u>RS422</u></b>	Connecteur série standardisé par l'Electronics Industry Alliance (EIA) définissant des caractéristiques électriques et mécaniques.
<b><u>RSTP</u></b>	Protocole IEEE802.1w Rapid Spanning Tree, une version plus rapide du protocole IEEE802.1d Spanning Tree.
<b><u>Serveur série</u></b>	Interface convertissant des signaux RS232 ou RS422 en Ethernet et vice versa, permettant d'utiliser des signaux série dans un réseau.
<b><u>SFP</u></b>	Small Formfactor Pluggable, une version miniature de GBIC.
<b><u>SNMP</u></b>	Simple Network Management Protocol, une méthode de pilotage et de contrôle des dispositifs d'un réseau.
<b><u>STP</u></b>	Abréviation de «Spanning Tree Protocol» ou «Shielded Twisted Pair»(paire torsadée blindée).
<b><u>SuperMAC</u></b>	Norme de transfert audio point à point d'Oxford Technologies, standardisée par l'AES sous la norme AES50. Transfère 48 canaux de données audio 24 bits 48kHz par un câble CAT5.
<b><u>Topologie</u></b>	Mode de connexion des dispositifs dans un réseau. Les topologies de base sont l'anneau, la chaîne, l'étoile et l'arborescence.
<b><u>Unicast</u></b>	La norme Ethernet 802.3 permet de diffuser des informations à un dispositif spécifique d'un réseau. Vu que les paquets transmis monopolisent de la bande passante uniquement sur les câbles et ports reliant l'émetteur et l'expéditeur, le réseau permet plus de connexions en comparaison avec le système Multicast.
<b><u>UTP</u></b>	(Unshielded Twisted Pair= paire torsadée non blindée). Le type le plus courant est la catégorie 5: CAT5.
<b><u>VLAN</u></b>	Virtual Local Area Network. Un commutateur géré peut séparer le trafic d'un réseau en plusieurs réseaux locaux virtuels utilisant le même matériel.
<b><u>Wi-Fi</u></b>	Norme de mise en réseau sans fil IEEE802.11. Les types les plus courants sont 802.11.b (11Mb/s), 802.11.g (54Mb/s) et 802.11.N (jusqu'à 150Mb/s).

#### Sites internet utiles

<a href="http://www.aes.org">www.aes.org</a>	Audio Engineering Society, AES3, MADI/AES10, AES50, AES67
<a href="http://www.audinate.com">www.audinate.com</a>	Dante
<a href="http://www.aviom.com">www.aviom.com</a>	A-net™
<a href="http://www.avnu.org">www.avnu.org</a>	AVnu alliance
<a href="http://www.cisco.com">www.cisco.com</a>	Cisco
<a href="http://www.cobranet.info">www.cobranet.info</a>	CobraNet™
<a href="http://www.dlink.com">www.dlink.com</a>	Dlink
<a href="http://www.ethersound.com">www.ethersound.com</a>	EtherSound™
<a href="http://www.hp.com">www.hp.com</a>	Hewlett Packard
<a href="http://www.ieee.org">www.ieee.org</a>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<a href="http://www.iso.org">www.iso.org</a>	Organisme international de normalisation
<a href="http://www.internic.org">www.internic.org</a>	ICANN Corporation Internet pour l'assignation de noms et de numéros
<a href="http://www.lightviper.com">www.lightviper.com</a>	Lightviper™
<a href="http://www.ravenna.alcnetworx.com">www.ravenna.alcnetworx.com</a>	Ravenna
<a href="http://www.riedel.com">www.riedel.com</a>	RockNet™
<a href="http://www.oqa-alliance.com">www.oqa-alliance.com</a>	OCA alliance
<a href="http://www.optocore.com">www.optocore.com</a>	OPTOCORE®
<a href="http://www.parc.com">www.parc.com</a>	Palo Alto Research Center
<a href="http://www.sonyoxford.com">www.sonyoxford.com</a>	SuperMAC/AES50
<a href="http://www.tiaonline.org">www.tiaonline.org</a>	Telecommunications Industry Association
<a href="http://www.yamahaproaudio.com">www.yamahaproaudio.com</a>	Yamaha