

# YAMAHA System Solutions *Document d'information*

## Conception de réseaux audio avec ES100™

*Ce document d'information est consacré à la conception de réseaux audio avec ES100™.*

*Nous nous intéresserons ici à la conception de réseaux allant de petites installations pour tournée à des installations fixes d'envergure moyenne. Cela ne signifie pas que les réseaux décrits soient nécessairement la meilleure solution pour toutes les situations. Il faut toujours envisager d'autres topologies de réseau et d'autres protocoles audio en phase initiale. Les réseaux présentés par Yamaha System Solutions présentent un avantage de poids: ils reposent sur deux protocoles ouverts, Ethernet/ES100™, utilisant des composants pour réseau informatique disponibles partout. Des équipements d'autres marques compatibles tant pour le réseau que pour l'audio peuvent être intégrés dans le réseau, garantissant une flexibilité et une efficacité maximales pour les concepteurs de réseaux. Il est également bon de savoir que les réseaux proposés ne sont pas de simples exercices théoriques: nous avons réalisé, testé et installé de nombreux réseaux basés de ce type et les résultats sont plus que concluants.*

*Nous partons du principe que le lecteur est un concepteur de réseau averti et expert en audio analogique et numérique, disposant d'une connaissance de base des technologies de réseau abordées dans le document d'information "Yamaha System Solutions – Une introduction aux réseaux audio".*

*L'équipe Yamaha Commercial Audio.*



Solution intégrée

### Réseaux audio ES100™

1. Conception du système
2. EtherSound
3. ES100
4. Routage audio ES100
5. Redondance
6. Connexions
7. Réseau ES100 en anneau à redondance audio uniquement
8. Réseau ES100 en anneau redondant intégré
9. Dispositifs Yamaha ES100
10. Programmer des dispositifs ES100
11. Documentation
12. Dépannage
13. Exemple 1: Consoles de façade et de retours 48can - rack de scène
14. Exemple 2: Consoles de façade et de retours 32can. - 2 racks de scène - 1 rack d'amplis

# 1. Conception du système

## Demandes du client

La première étape consiste à répertorier les demandes du client. Dans certains cas, ces demandes peuvent déjà avoir fait l'objet d'un devis officiel si un consultant a déjà réalisé un descriptif des caractéristiques d'un système pour un client. Souvent, le consultant ou le concepteur de réseau doit engager un dialogue approfondi sur les exigences du client afin de trouver le système dont les caractéristiques correspondent le mieux aux souhaits du client. Il peut éventuellement suggérer d'élargir les possibilités du système en exploitant des nouveautés technologiques.

## Caractéristiques du système

La deuxième étape consiste à déduire les caractéristiques du système sur base des souhaits du client. Les caractéristiques du système intègrent tous les paramètres opérationnels d'un système. Les caractéristiques ne doivent pas donner d'orientation quant aux solutions à utiliser car cela rétrécirait le champ des possibilités au stade de la conception. Ce n'est qu'en séparant strictement les caractéristiques du système des options de conception que le concepteur reste vraiment ouvert dans ses choix, garantissant ainsi une flexibilité, une qualité et une créativité maximales au stade de la conception.

## Options de conception

Sur base des caractéristiques du système, des options de base peuvent se dessiner. La décision principale à prendre concerne la technologie utilisée: analogique ou numérique, point à point ou réseau, système fermé (propriétaire) ou ouvert (indépendant du fabricant) etc. Ces décisions sont fondamentales car elles déterminent le degré de liberté des stades de conception ultérieurs.

## Sélection de matériel de réseau et audio

Une fois la technologie choisie, il faut sélectionner les dispositifs audio et de réseau. Il faut tenir compte des paramètres suivants: fonctionnalités, qualité audio, fiabilité technique, fiabilité des fournisseurs et coûts. Il n'existe pas de produits excellent dans toutes ces catégories. La qualité coûte plus cher, la fiabilité aussi. Le concepteur doit étudier de façon approfondie les caractéristiques de chaque composant pour voir si elles correspondent aux caractéristiques demandées pour le système et faire preuve de créativité si aucun produit ne satisfait entièrement à la demande.

## Outils de conception

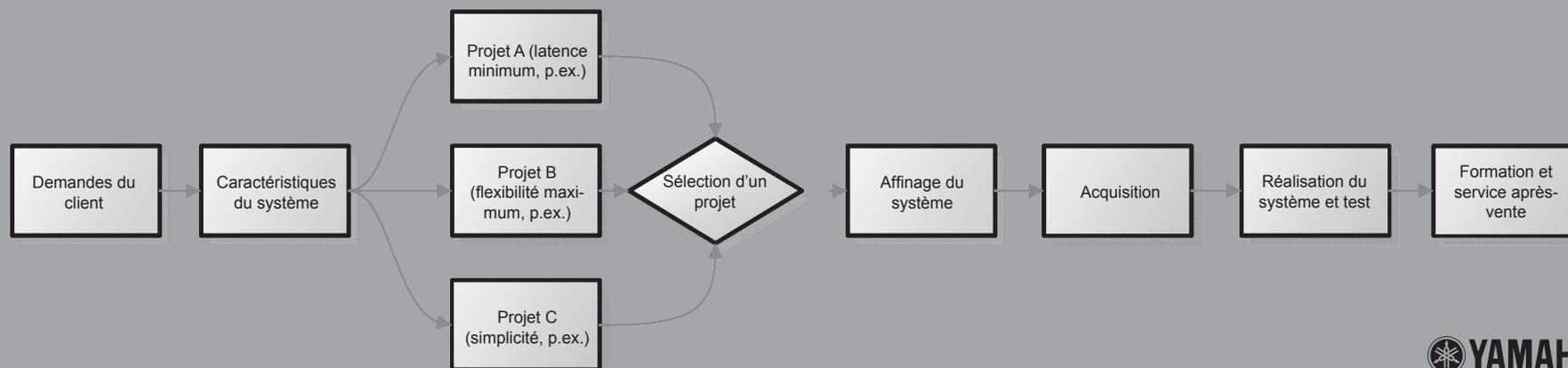
Plus un système est complexe, plus les outils de conception prennent de l'importance. Un petit système peut être décrit avec des mots ou des tableaux mais des systèmes plus vastes et plus complexes doivent être représentés par des dessins pour être compris par toutes les parties prenantes d'un projet. Actuellement, il existe des logiciels de conception tels que AutoCAD pour le dessin industriel et StarDraw pour les projets audio.

## Vérification du système

Un aspect très important de la conception de réseau est la vérification du système (et des sous-systèmes). Les réseaux utilisant des commutateurs gérés, notamment, offrent un degré de fonctionnalité très élevé nécessitant une vérification du système pour s'assurer que tous les paramètres ont été programmés correctement.

## Formation et service après-vente

Un réseau audio propose des fonctions et des modes opératoires différents des systèmes analogiques. La mise en place de services après-vente et de formations pour les utilisateurs futurs du système est un autre aspect important du projet.



## 2. EtherSound

### Les débuts

Fin des années 1990, trois ingénieurs de R&D chez Digigram ont étudié des méthodes de répartition audio compatibles Ethernet et notamment CobraNet, norme mondiale à l'époque. CobraNet a été conçu pour des installations vastes et complexes mais les trois ingénieurs voulaient réduire l'envergure du système pour la ramener à celle de la sonorisation "live" nécessitant des topologies et des protocoles nettement plus simples. Ils ont fini par sortir EtherSound version 1.0, présentée à la convention IBC à Amsterdam en 2001 puis à la convention NAB à Las Vegas en 2002. La version 1.0 a été conçue pour établir des connexions unidirectionnelles d'une console de mixage à un dispositif de contrôle/d'amplification pour enceintes avec des câbles CAT5 peu coûteux. Cette nouvelle technologie a été utilisée pour la première fois dans une installation de grande ampleur en septembre 2003 par le département de sonorisation de Radio France lors de la captation de l'opéra "Carmen" pour alimenter 16 blocs d'enceintes répartis dans le Stade de France (80.000 places) à Paris. Tout le monde a été surpris: Digigram a fourni un système idéal... nettement plus simple que tout ce qui existait alors.

### Le protocole

Vous vous souvenez de la façon dont les ingénieurs de Peak Audio ont résolu le problème de timing et de synchro posé par la latence Ethernet dans le protocole CobraNet? Un des dispositifs CobraNet envoie un paquet de synchronisation à un moment où le réseau est silencieux pour qu'il puisse atteindre tous les autres dispositifs avec une latence extrêmement faible.

Puis, après avoir reçu le paquet de synchronisation pratiquement simultanément, tous les dispositifs audio transmettent leurs paquets audio mais chaque dispositif attend un temps déterminé pour produire les données audio reçues. Cette méthode laisse la marge temporelle nécessaire pour couvrir les retards dus à la réception, le transfert et les files dans le réseau. C'est CobraNet en deux mots.

Les inventeurs de Digigram ont effectué une simplification géniale en imposant une topologie en chaîne (cascade) ou arborescente au réseau. Dans une chaîne, chaque dispositif n'a qu'un dispositif source lui envoyant les données et un dispositif de destination à qui transmettre les données. Le dispositif n'a donc pas besoin d'étudier l'adresse MAC du paquet Ethernet pour savoir où envoyer les données. Cela signifie aussi que les retards liés à la sauvegarde/la transmission et les files d'attente sont inexistantes dans un système EtherSound. Les processeurs EtherSound de Digigram sont capables de transmettre un paquet Ethernet en 1,4 microsecondes. Dans le monde de l'audio, on commence à s'inquiéter quand un retard dépasse 11 microsecondes (soit la moitié d'un échantillon à 48kHz). Cela signifie qu'une chaîne de 7 dispositifs ne pose aucun problème. Comme le retard peut en plus être calculé avec précision (étant donné le retard de 1,4 microsecondes d'un dispositif EtherSound), les systèmes de plus de 7 dispositifs peuvent être synchronisés par de brefs retards numériques de quelques échantillons.

### EtherSound version 1

EtherSound version 1 emballe les échantillons 24 bits de 64 canaux audio dans un seul paquet et l'envoie en aval de la chaîne à une vitesse de 48.000 paquets par seconde.

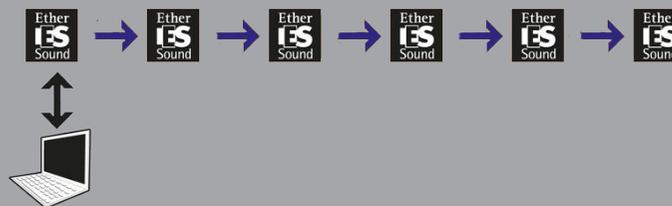
Le nombre de paquets équivalant à la fréquence d'échantillonnage de 48kHz, le dispositif récepteur peut utiliser le flux des paquets comme source stable d'horloge. Tous les dispositifs de la chaîne reçoivent paquet après paquet puis remplacent et/ou insèrent rapidement des échantillons dans les paquets avant de les transmettre plus loin, le tout en 1,4 µs. Un dispositif insérant de l'audio dans le flux de paquets est un dispositif maître et un dispositif extrayant des canaux du flux de paquets est esclave. A la fin de la chaîne, arrivés au dernier dispositif, les paquets audio sont envoyés au dernier connecteur auquel rien n'est connecté. Ils disparaissent alors dans les limbes de la silicone.

Au sein des paquets, certaines données de commande peuvent être transmises par le premier dispositif du réseau afin de modifier les réglages de tous les autres dispositifs. Ce premier dispositif est toujours un dispositif maître ("Master"), le premier dispositif à envoyer des canaux audio dans le flux de paquets.

Toutes les données audio descendent donc de la prise IN à la prise OUT des dispositifs vers l'aval ("downstream"). La connexion Ethernet permet aussi un flux en amont ("upstream"), remontant du dernier dispositif EtherSound au premier. Ce flux permet aux dispositifs de renvoyer des informations de statut au premier dispositif. Un ordinateur branché au premier dispositif peut piloter et contrôler tous les autres dispositifs de la chaîne avec le logiciel EtherSound Monitor.



"Carmen" au Stade de France, Paris



EtherSound 1.0: chaîne à flux descendant.

### 3. ES100

#### EtherSound version 2

Après que les premières licences EtherSound aient été distribuées et les premiers produits fabriqués (par Digigram, Fostex/Netcira, Auvitran etc.), les ingénieurs Digigram ont décidé d'ajouter de l'audio dans le flux remontant en amont pour que les données audio puissent voyager non seulement du premier dispositif au dernier mais aussi du dernier au premier. Avec EtherSound version 2 et ultérieure, c'est possible mais à condition d'utiliser du matériel compatible avec ce mode bidirectionnel. Avec ce mode, le dernier dispositif de la chaîne renvoie ("Loopback") le flux de paquets. Le système est dès lors en mesure d'envoyer simultanément 64 canaux en aval et 64 canaux en amont, soit un total de 128 canaux. Pour que ce système fonctionne, le dernier dispositif doit être programmé pour créer une boucle et renvoyer en amont le flux audio descendant. Les données ascendantes retournent au premier dispositif de la chaîne et disparaissent dans des limbes de silicone. Elles ne sont pas envoyées à sa prise IN pour éviter de surcharger la carte interface réseau de l'ordinateur chargé de piloter et de contrôler le système. Avec l'avènement du mode bidirectionnel, le vocabulaire EtherSound s'est enrichi des termes dispositif "loopback" et "Primary Master". Des mises à jour ultérieures du protocole EtherSound ont ajouté les paramètres "start of loop" (début de boucle) et "end of loop" (fin de boucle) permettant à plusieurs boucles de coexister dans la chaîne.

#### ES100

Avec une topologie en chaîne, EtherSound propose une configuration très simple, une latence très faible et une grande capacité de canaux. Il y a toutefois un "mais": les chaînes sont dangereuses. Il suffit qu'un câble ou un dispositif fasse défaut pour couper le réseau en deux. En utilisant les protocoles Ethernet d'agrégation des liens ("trunk") avec un commutateur géré ou des dispositifs dédiés comme l'Auvitran AV-RED, il est possible de protéger certains câbles d'une chaîne mais le système global est incapable de se rétablir face à la majorité des sources de défaillance. A moins que...

ES100 est la dernière version d'EtherSound: elle comprend un protocole de redondance semblable au protocole Ethernet Spanning Tree (STP). Ce protocole permet de fermer la chaîne pour en faire un anneau redondant, capable de se rétablir extrêmement rapidement suite à n'importe quelle défaillance du réseau.

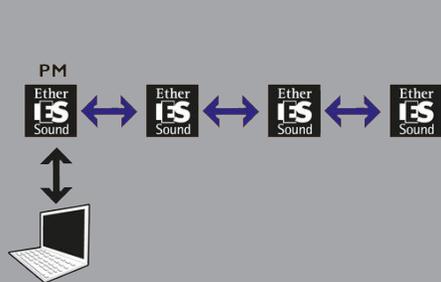
Le vocabulaire EtherSound a donc trouvé un nouveau terme pour désigner le dispositif gérant la liaison de secours dans l'anneau, le "Preferred Primary Master". Pour que la redondance permette au système de rétablir toutes les connexions d'un réseau, il faut un routage indépendant de l'ordre des dispositifs, comme nous le verrons plus loin.

Le rétablissement d'anneaux ES100 est pratiquement instantané si l'horloge de secours est activée sur tous les dispositifs. Sans l'horloge de secours, il faut moins de 3 secondes.

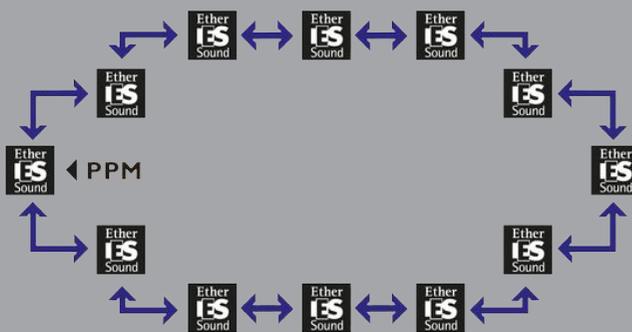
#### Intégrer ES100

Un dispositif ES100 envoie des données audio sous forme de paquets Ethernet standard: broadcast en aval et unicast en amont. Cela permet aux flux de paquets ES100 d'être véhiculés à travers un réseau utilisant des VLAN. Dans un réseau avec une topologie en étoile, cela produirait un système non redondant mais, si le flux ES100 est véhiculé dans un réseau en anneau, le système reste redondant et permet de recourir au tunnel pour véhiculer d'autres VLAN parallèlement aux flux audio ES100, comme des données IP vidéo, des commandes pour contrôleurs d'enceintes, des données de contrôle de StudioManager et de DME Designer ainsi que des données de contrôle d'éclairage DMX. Si un anneau dorsal gigabit est sécurisé par le Spanning Tree Protocol, le temps de rétablissement ES100 est ralenti par le temps de rétablissement STP. En ne réalisant une topologie en anneau que pour le réseau ES100 et en conservant une topologie de chaîne sans redondance pour le reste du réseau, le rétablissement ES100 est pratiquement instantané si l'horloge de secours est activée.

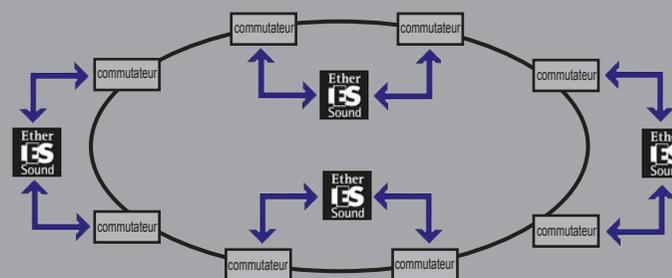
Pour relier des ramifications en chaînes à un anneau ES100, il faut utiliser un routeur matériel comme l'Auvitran AVM500-ES. Les ramifications de l'anneau peuvent également être réalisées avec un dispositif ES100SPKR, une version spéciale de l'ES100, comme Barix Extreamer. La version ES100SPKR se borne à recevoir les flux audio broadcast descendants mais ne renvoie aucune information en amont, ce qui évite de perturber le timing de l'anneau. Les ramifications ES100SPKR ne peuvent pas s'enchaîner et ne peuvent pas être redondantes.



chaîne à flux bidirectionnel



anneau redondant



anneau redondant intégré

## 4. Routage audio ES100

### Routage ES100

Un flux de paquets ES100 est constitué de 48.000 paquets par seconde. Chaque paquet contient 64 échantillons. Cet agencement utilise une bande passante Ethernet de 85Mb.

Un dispositif au sein d'un anneau ES100 accepte deux flux de paquets: un flux descendant ("downstream") et un flux ascendant ("upstream"). Les paquets descendants sont des paquets broadcast reçus via la paire RX du connecteur IN 100Mb et transmis à la paire TX du connecteur OUT 100Mb. Les paquets ascendants sont des paquets unicast, reçus du dispositif en aval branché à la paire RX du connecteur OUT, et transmis à l'adresse MAC du dispositif. Après insertion/extraction de canaux, ces paquets sont transmis à l'adresse MAC du dispositif en amont branché à la paire TX du connecteur IN 100Mb.

Cette explication complexe masque une réalité très simple. Un dispositif peut insérer des canaux extérieurs dans un flux de paquets descendant ou ascendant en sélectionnant un des 64 canaux du paquet. Le logiciel ES Monitor représente ceci sous forme de grille de routage avec les entrées physique sur l'axe vertical et les canaux ES100 sur l'axe horizontal. Un clic gauche sur un carré de la grille transmet l'entrée physique au canal descendant et un clic droit la transmet au canal ascendant. Les dispositifs de sortie utilisent la même représentation.

Un clic gauche transmet un canal ES100 descendant à la sortie physique du dispositif tandis qu'un clic droit transmet le canal ES100 ascendant à la sortie.

### Routage indépendant de l'ordre

La faculté de transmettre des canaux en aval et en amont signifie que chaque dispositif peut transmettre des canaux à 128 destinations (64 canaux descendants et 64 canaux ascendants). Il y a toutefois un hic: un tel routage de canaux nécessite un ordre déterminé des dispositifs dans l'anneau. Imaginez une chaîne ES100 dans laquelle un dispositif transmet des données audio à un dispositif en aval en se servant du paquet descendant. Le dispositif récepteur sélectionne des canaux du flux de paquets descendant et les envoie au monde analogique (voyez l'illustration 1). Puis, pour une raison ou une autre, le dispositif récepteur est déplacé en amont de la chaîne. Dans ce cas, les données descendantes ne parviennent plus au dispositif récepteur (voyez l'illustration 2).

Cela montre bien que le routage à 128 canaux dépend de l'ordre des dispositifs dans la chaîne: dès que l'ordre change, le routage ne fonctionne plus. Pour les systèmes à composants variables (comme les installations de tournées), cela peut poser problème.

La solution consiste à adopter un routage indépendant de l'ordre. Il suffit pour cela d'insérer des canaux uniquement dans le flux descendant et de les extraire uniquement du flux ascendant.

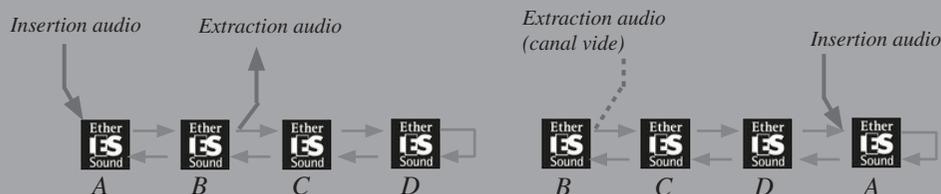
De cette façon, le routage fonctionne, quel que soit l'ordre des dispositifs dans la chaîne (voyez les illustrations 3 et 4). Cette solution limite cependant le nombre de canaux à 64.

### Réglages pour anneau ES100

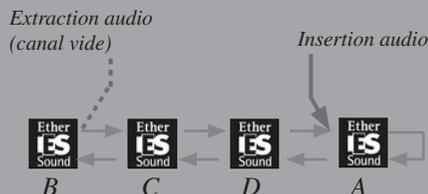
Une des caractéristiques principales du protocole ES100 est la topologie redondante en anneau avec l'assignation d'un dispositif comme "Preferred Primary Master" (PPM). Le PPM bloque son entrée mais la débloque immédiatement si l'anneau est rompu.

En mode redondant, l'anneau fonctionne comme une chaîne: le flux audio descendant part du PPM et parcourt l'anneau jusqu'au dispositif en amont du PPM. Ce dispositif sert de "Loopback" et renvoie les données. En cas de défaillance, le PPM débloque son entrée et la fonction "Primary Master" est reprise par le dispositif situé en aval de la connexion défectueuse. Une nouvelle chaîne est formée avec un autre élément maître et un autre dispositif "Loopback", ce qui change l'ordre des dispositifs dans la chaîne.

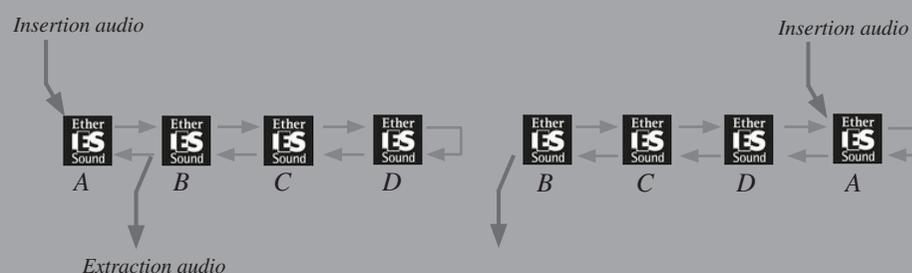
Pour que le système en anneau redondant puisse rétablir non seulement les connexions mais aussi le routage audio, il faut utiliser un mode de routage indépendant de l'ordre. En fait, dès que vous optez pour un anneau ES100 (en sélectionnant le PPM), la page de routage du logiciel ES Monitor ne permet des insertions que dans les canaux descendants et des extractions que des canaux ascendants. Le logiciel refuse tout autre routage.



Illust. 1: routage bidirectionnel  
Insertion à A dans le flux descendant  
Extraction à B du flux descendant



Illust. 2: changement d'ordre  
Insertion à A dans le flux descendant  
Extraction à B du flux descendant  
(B extrait des canaux vides)



Illust. 3: Routage indépendant de l'ordre  
Insertion à A dans le flux descendant  
Extraction à B du flux ascendant

Illust. 4: changement d'ordre et cela fonctionne.

# 5. Redondance

## Taux de redondance

Un réseau audio combine des dispositifs de réseau et des dispositifs audio. Comparé aux systèmes audio analogiques, le réseau constitue une inconnue: il peut avoir des effets considérables sur un système en cas de défaillance comme la rupture d'un câble ou la panne d'un composant. Pour y faire face, les réseaux sont généralement conçus avec redondance pour permettre un rétablissement automatique du système en cas de défaillance.

La somme pondérée des probabilités qu'un système se rétablisse suite à des défaillances aléatoires du système correspond au taux de redondance. Ce taux indique la faculté du réseau à se rétablir d'une ou de plusieurs défaillances successives. Les diverses topologies et les divers protocoles de redondance produisent des taux de redondance différents.

Pour toutes les topologies à anneau simple redondant, le taux de redondance est toujours de 100%: le réseau se rétablit suite à n'importe quelle défaillance unique.

Un réseau en double étoile ou double anneau a un taux de redondance supérieur et un réseau en chaîne avec agrégation des liens ("trunk") a un taux de redondance inférieur.

## Taux de sécurité

Alors que le taux de redondance indique la capacité du réseau à se rétablir suite à une défaillance, la probabilité d'une telle défaillance est déterminée par le nombre de sources de défaillance dans un réseau: plus il y a de câbles et de cartes d'interface réseau (CIR), plus la probabilité d'une défaillance augmente. Le taux de sécurité correspond au taux de redondance divisé par le nombre de sources de défaillance du réseau.

Parmi toutes les configurations de réseau audio possibles, le réseau ES100 audio uniquement en anneau redondant présente le moins de sources de défaillance. Il affiche donc le taux de sécurité le plus élevé pour les configurations petites à moyennes; ce taux est même supérieur à celui des configurations en double étoile et double anneau.

## Redondance

Les protocoles de redondance Ethernet comme "Spanning Tree Protocol" (arbre logique) et "Trunk" (agrégation des liens) offrent une protection contre les désastres de grande échelle tels que la rupture de câbles et les pannes de dispositifs. Ces protocoles ne protègent pas un système contre des pannes intermittentes (dues, p.ex., à des connecteurs mal enfoncés). Pour éviter les sources de défaillances intermittentes dans un système, il faut imposer des normes sévères au niveau de la conception et de la qualité des composants.

## Contrôle de la redondance

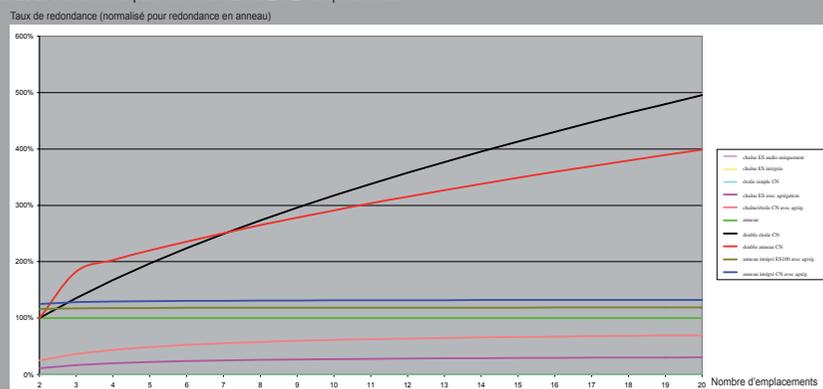
C'est une chose d'avoir un réseau redondant mais c'en est une autre de savoir qu'un réseau est redondant. C'est un fait que, sans système de contrôle spécial, il est impossible de voir si un système est redondant ou non. En l'absence d'un tel système, un utilisateur peut parfaitement penser que le réseau est redondant alors qu'il ne l'est pas.

Il est généralement peu pratique d'utiliser un logiciel de contrôle comme HP-Openview, 3COM Network Monitor ou ES Monitor. Dans la plupart des cas, un simple système de contrôle peut être intégré en exploitant la détection de paquets ou des données audio.

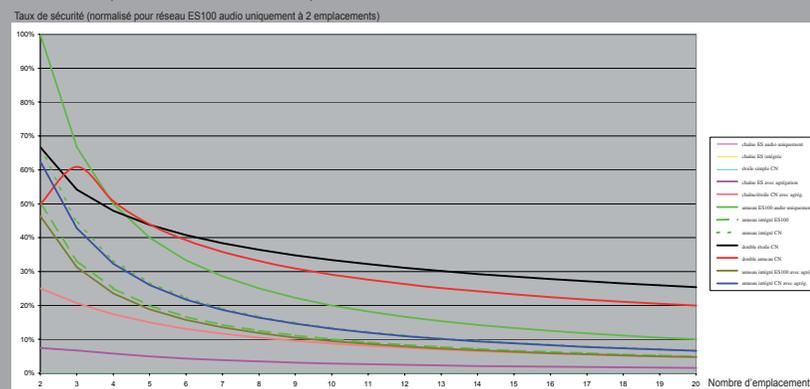
Dans le cas de la détection de paquets, une impulsion de détection logique est envoyée dans le réseau et transmise de force à travers tous les câbles et commutateurs à l'aide de plusieurs VLAN. Le signal de retour peut être vérifié pour évaluer si le réseau est redondant ou non.

Dans le cas d'un anneau ES100 audio uniquement, un signal audio peut être transmis par le PPM sur un canal ES100 non utilisé. Le signal audio descendant peut ensuite être capté par un dispositif ES100 avant qu'il ne retourne à l'entrée du PPM. Comme ce signal est extrait du flux descendant (routage dépendant de l'ordre), il est déconnecté en cas de défaillance alors que le reste du système audio est rétabli, ce qui indique l'état du système.

Taux de redondance pour des réseaux de 2 à 20 emplacements



Taux de sécurité pour des réseaux de 2 à 20 emplacements



## 6. Connexions

### Câbles

Les systèmes ES100 utilisent des câbles CAT5E ou plus élevés. Branchés directement d'une prise OUT à une prise IN, les câbles peuvent faire 100m de long dans des conditions idéales.

En réalité, cependant, les conditions ne sont jamais idéales. De plus, si les dispositifs ES100 sont utilisés en tournée, les connecteurs RJ45 finiront par s'user. Pour éviter que cela ne se produise au milieu d'un grand concert pop, il vaut mieux utiliser une baie de connexion (avec connecteurs EtherCon, par exemple) et remplacer les câbles et les connecteurs à intervalles réguliers.

Dans la pratique, les câbles sont réutilisés et branchés via des baies de connexion EtherCon avec des blocs de puissance et des racks d'ampli de puissance à proximité. Nous conseillons alors de réduire la longueur des câbles en cuivres en les limitant à la scène et d'opter pour des connexions longue distance en fibre optique (du rack de scène à la console façade, par exemple).

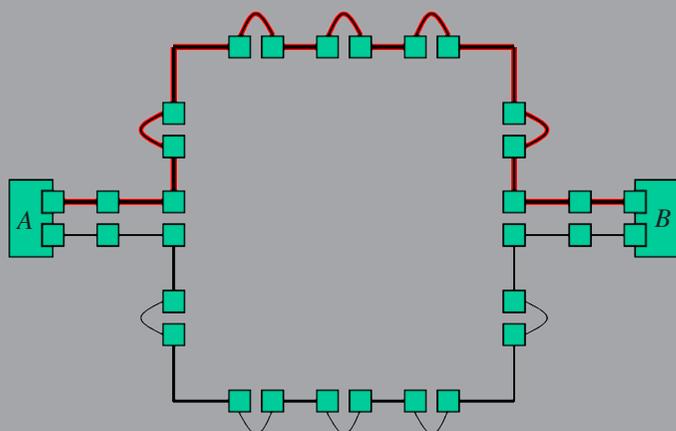
### Connecteurs

Pour les connexions directes, la plupart des dispositifs ES100 sont dotés de connecteurs EtherCon pour tournées. Les baies de connexion peuvent aussi utiliser des connecteurs EtherCon. Une connexion peut être convertie en fibre optique multimode ou monomode avec un convertisseur de média. Sur le marché de l'audio, les systèmes de connexion les plus fréquemment utilisés sont Neutrik OpticalCon et Connex Fiberfox. Il est recommandé de vérifier fréquemment la qualité des câbles et des connecteurs. Ils doivent être régulièrement remplacés pour éviter des problèmes intermittents au niveau des connecteurs du réseau, risquant d'empêcher le rétablissement par redondance.

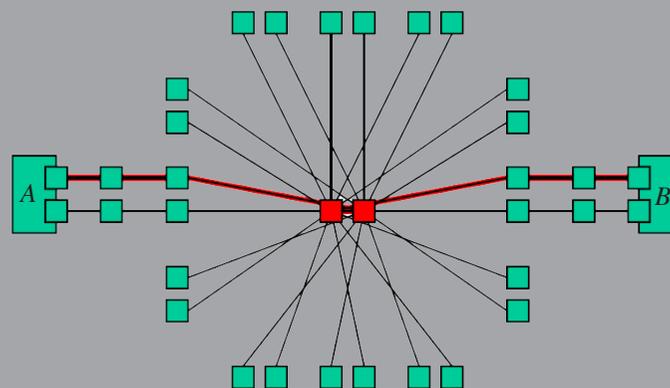
Pour le câblage audio analogique, un système de connecteurs mâles et femelles a été adopté: mâle pour la sortie et femelle pour l'entrée. Ethernet étant un réseau bidirectionnel, l'agencement est différent: mâle pour les câbles et femelle pour les prises de châssis. Il est donc primordial d'étiqueter les connecteurs des câbles et des châssis et de former les utilisateurs du système pour qu'ils se servent de l'étiquetage lors du raccordement des emplacement du système.

### Grands systèmes à points d'accès multiples

ES100 est conçu pour des systèmes "live" à topologie en anneau redondant de petite à moyenne envergure. Dans une installation fixe avec de nombreux points d'accès (dans un théâtre, une salle de concert etc.), la topologie en anneau ne convient pas car les points d'accès inutilisés doivent être connectés passivement, produisant des segments d'anneau avec de nombreuses connexions passives. Cela augmente considérablement le nombre de sources de défaillance (chaque câble et chaque connecteur en est une) et entraîne une dégradation de la qualité du signal Ethernet due aux nombreux connecteurs mécaniques des segments d'anneau. Pour les systèmes à points d'accès multiples et pour les installations fixes comptant plus de 5 emplacements actifs et/ou 64 canaux, une topologie en double étoile avec un réseau CobraNet peut être envisagée.



Topologie en anneau avec 12 points d'accès  
A -> B passe par 5 liens passifs.



Topologie en étoile avec 12 points d'accès  
A -> B ne passe que par des liens actifs.

## 7. Conception en anneau ES100 à redondance audio uniquement

### Pas d'informatique!

Un système ES100 audio uniquement reconnaît 64 canaux audio et une connexion série pour le pilotage de préamplis de micro. Aucun autre service IP via Ethernet ne peut être intégré. Le gros avantage d'un tel système est qu'il est dépourvu d'éléments informatiques. Le réseau est constitué d'un certain nombre de dispositifs ES100 et d'un nombre égal de câbles. Il ne faut rien d'autre.

Les dispositifs ES100 d'un tel système peuvent être branchés dans n'importe quel ordre, à condition que les prises OUT soient branchées aux prises IN, comme pour un câblage audio analogique.

### Emplacements

Pour l'utilisateur, un système ES100 uniquement audio comprend des emplacements et des câbles longue distance.

Un emplacement peut contenir un ou plusieurs dispositifs ES100 reliés en cascade par des câbles de connexion. Ces câbles de connexion doivent être sécurisés mécaniquement dans le rack E/S pour éviter des problèmes de connexion intermittents. Les câbles de connexion n'étant pas débranchés après chaque application, ils n'ont pas besoin d'être remplacés régulièrement.

### Wordclock

L'anneau ES100 doit accepter que n'importe quel appareil puisse être le "Primary Master". Comme le "Primary Master" est aussi source de l'horloge wordclock, un système ES100 ne peut pas se synchroniser avec le monde extérieur car le dispositif wordclock serait alors fixe or, en cas de problème, le "Primary Master" change et le dispositif synchronisé avec le monde extérieur ne serait plus synchrone avec l'anneau ES100. Cette autonomie de l'anneau peut poser problème pour des applications de diffusion ou des installations nécessitant plus de 64 canaux car il est impossible de synchroniser plusieurs anneaux.

### Rétablissement

Le protocole de redondance ES100 est très rapide: l'anneau redondant se rétablit pratiquement immédiatement après une défaillance. La resynchronisation des dispositifs ES100 prend alors 2 à 3 secondes avant le rétablissement des connexions audio. Si tous les dispositifs reconnaissent la fonction ES100 "Emergency Clock" (horloge de secours), la synchronisation se fait sans heurt et le système se rétablit immédiatement.

### Contrôle de préamplis de micro

Le protocole ES100 comprend un tunnel série de faible bande passante permettant une connexion RS422. Cette connexion permet de contrôler les préamplis de micro des DME et AD8HR à partir de consoles de mixage Yamaha.



Dispositifs d'un emplacement

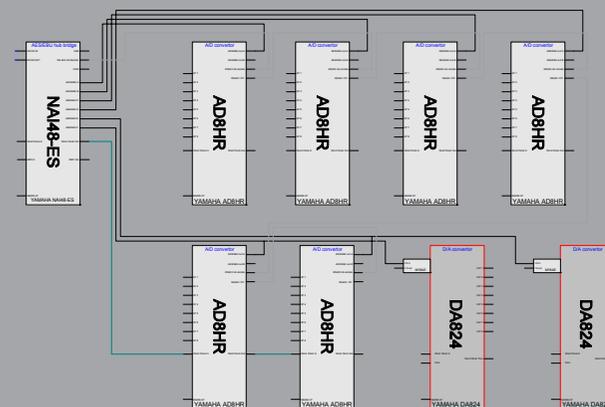


Schéma logique d'un emplacement

## 8. Réseau ES100 en anneau redondant intégré

### Pourquoi l'intégration?

Il peut se révéler très efficace de partager une application ES100 avec d'autres connexions Ethernet. De nombreux services IP via Ethernet comme le transfert de données DMX, vidéo, VoIP etc. peuvent être ajoutés au système en utilisant le même câblage. Il est également possible d'y intégrer des protocoles de contrôle comme DME Designer, Studio Manager ainsi que des systèmes d'automatisation AMX et Crestron.

Pour des systèmes plus complexes, des ramifications supplémentaires de chaînes ES100 et des dispositifs ES100spkr peuvent être ajoutés; ces segments du réseau ne seront toutefois pas redondants. Pour des systèmes redondants hybrides, il est possible d'ajouter des ramifications Cobranet à l'anneau en utilisant un routeur matériel comme un DME ou une console de mixage.

### VLAN

Il y a deux façons d'intégrer ES100 dans un réseau gigabit.

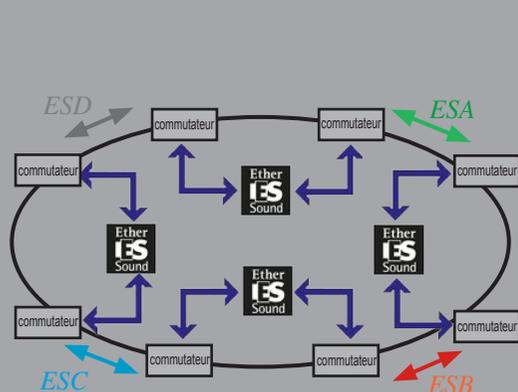
La première consiste à concevoir une structure VLAN reliant les segments ES100 individuels et n'occupant de la bande passante que sur les segments situés entre les dispositifs branchés. Dans l'illustration ci-dessous, les VLAN ESA, ESB, ESC et ESD relient tous les segments de l'anneau. Cela permet d'utiliser des commutateurs basse capacité peu onéreux. L'inconvénient d'un tel système est qu'il n'est plus indépendant de l'ordre de connexion: les emplacements doivent être connectés de façon déterminée. Bien que le système physique dépende alors de l'ordre, la connexion fonctionnelle des dispositifs ES100 reste indépendante de l'ordre, ce qui garantit la redondance ES100.

L'autre façon consiste à couvrir tous les emplacements par les VLAN de segment. Ainsi, les connexions physiques des emplacements ne dépendent d'aucun ordre. L'inconvénient est que tous les emplacements contiennent alors tous les flux de paquets broadcast de tous les segments, soit environ 85Mb par flux de paquets. Dans l'illustration ci-dessous, il y a 4 flux par câble/8 flux par commutateur; les commutateurs doivent donc être de grande capacité.

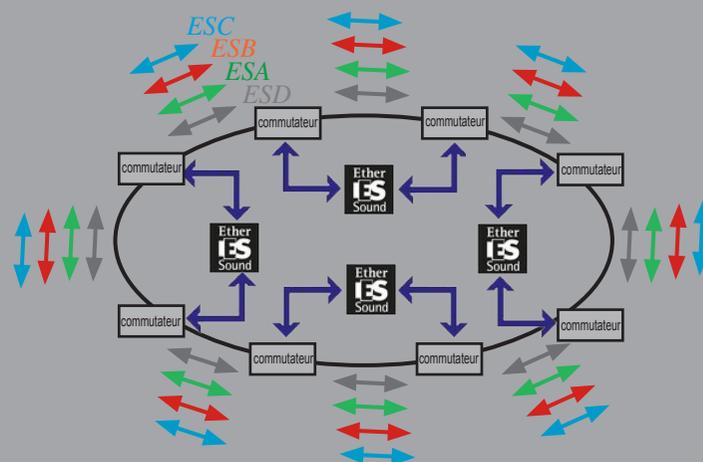
### Redondance

Une topologie en anneau ES100 intégré associe le protocole de redondance ES100 au protocole de redondance du réseau Ethernet. Le protocole de redondance ES100 est très rapide: si l'horloge de secours est activée sur tous les dispositifs, le rétablissement est pratiquement instantané. Malheureusement, dès que le protocole Spanning Tree ("STP") de l'anneau Ethernet (soutenant l'anneau ES100 à travers une structure de VLAN) réagit à une défaillance, il peut bloquer tous les ports du réseau durant un bref instant, empêchant le protocole ES100 d'effectuer un rétablissement instantané.

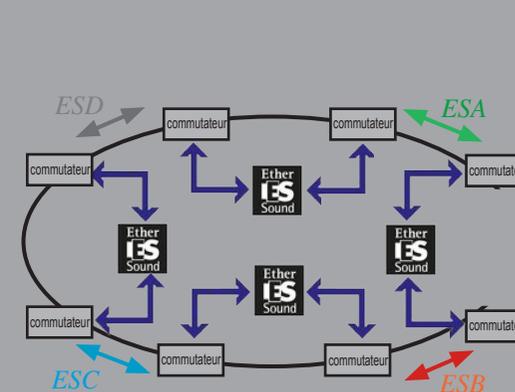
Il y a deux façons d'utiliser les deux protocoles de redondance. La première consiste à utiliser les deux protocoles, ce qui ralentit le rétablissement audio et l'étale sur plusieurs secondes au moins. L'autre consiste à maintenir le système Ethernet sous forme de chaîne en ne fermant l'anneau qu'entre deux dispositifs ES100. Dans ce cas, le protocole STP n'est pas nécessaire puisque le réseau physique forme une chaîne non redondante. Les connexions ES100, par contre, constituent un anneau redondant avec un temps de rétablissement rapide.



Système ES100 intégré - dépendant de l'ordre



Système ES100 intégré - indépendant de l'ordre



Anneau ES100 sur une chaîne intégrée

## 9. Dispositifs Yamaha ES100

### MY16-ES64 & MY16-EX

La MY16-ES64 offre une connexion de 64 canaux à un réseau ES100. Cependant, la carte ne peut acheminer que 16 de ces canaux au dispositif hôte (une console ou un DME). Les 48 canaux restants peuvent être connectés à l'hôte en utilisant jusqu'à trois cartes MY16-EX en cascade.

### NAI48-ES

La NAI48-ES est une interface bidirectionnelle AES/EBU pour réseau ES100. A 48kHz, la NAI48-ES peut gérer 48 canaux et à 96kHz, elle peut en gérer 32. Elle dispose de 6 connecteurs Sub-D AES/EBU à 25 points, compatibles avec les connecteurs des AD8HR et MY8-AE.

### SB168-ES

Le boîtier de scène SB168-ES dispose de 16 entrées micro/ligne de grande qualité et de 8 sorties ligne à 48kHz. Les entrées micro/ligne peuvent être télécommandées par des consoles de mixage numériques et des processeurs DME Yamaha. Les entrées et sorties peuvent être assignées aux canaux de votre choix parmi les 64 canaux d'un système ES100.

En combinant trois SB168-ES, vous bénéficiez de 48 entrées micro/ligne et de 24 sorties ligne, soit de 72 canaux. Comme un anneau redondant ES100 ne reconnaît que 64 canaux, 8 canaux (des sorties, par exemple) peuvent être utilisés en double, alimentés par un même canal ES100.

### DME Satellite-ES

Les DME Satellites se déclinent en 3 modèles: 8 entrées micro/ligne télécommandables, 8 sorties ligne et 4 entrées + 4 sorties. Ils délivrent tous la même puissance de traitement, soit 80% de celle du DME24N, mais sont dépourvus des composants SPX.

Le côté ES100 des DME Satellites propose 16 entrées et 16 sorties vers les réseaux ES100, soit plus que les E/S analogiques. Les DME Satellites sont idéaux dans des systèmes de processeurs "distribués" répartissant la puissance des processeurs sur plusieurs dispositifs, favorisés par la faible latence du protocole ES100. Les processeurs des DME Satellites proposent des égalisations graphique et dynamique, des fonctions de mixage et un traitement puissant de grande qualité pour enceintes.

*SB168-ES*



*NAI48-ES*



*MY16-ES64*



*DME Satellite-ES*



*MY16-EX*



# 10. Programmer des dispositifs ES100

## Réglé une fois pour toutes

Comme le protocole ES100 inclut le timing audio, il ne permet aucun autre trafic Ethernet dans l'anneau car cela entraînerait des files d'attente et entraverait la synchronisation. Il est donc impossible de brancher un ordinateur à un anneau ES100 fermé à des fins de programmation ou de contrôle sauf si vous utilisez un dispositif d'un fabricant tiers comportant un "3ème connecteur".

En pratique, les applications qui se prêtent le mieux à un système ES100 ont des paramètres "réglés une fois pour toutes". Cela signifie que le routage est programmé une fois pour toutes puis sauvegardé dans les dispositifs du système afin de délivrer le résultat attendu chaque fois que le système est branché et mis sous tension.

La redondance étant inutile pour la programmation, celle-ci peut se faire en cassant l'anneau à n'importe quel endroit et en branchant un PC au connecteur IN du dispositif choisi. Le logiciel ES Monitor peut alors contrôler tous les dispositifs de l'anneau. Après la programmation et la sauvegarde des réglages dans tous les dispositifs, débranchez le PC, refermez l'anneau et testez le système.

Pour utiliser le logiciel ES Monitor en ligne durant le fonctionnement en anneau redondant, il faut un dispositif ES100 pourvu d'un 3ème connecteur, comme l'Auvitran AVM-500ES ou l'Auvitran AVY16-ES100.

## Que régler?

Etablissez d'abord l'anneau en choisissant un dispositif comme PPM. Le système passe automatiquement en mode anneau et le PPM affiche une icône indiquant que l'anneau est rompu.

Activez ensuite l'horloge de secours ("Emergency clock") sur tous les dispositifs.

Programmez le routage pour chaque dispositif. Comme les dispositifs sont en mode anneau, le logiciel n'accepte que des routages ne dépendant pas de l'ordre: entrées dans le flux descendant, sorties du flux ascendant.

Réglez le mode de contrôle des préamplis de micro ("HA Control") pour chaque dispositif: débit en bauds, cibles unicast et activation du tunnel série.

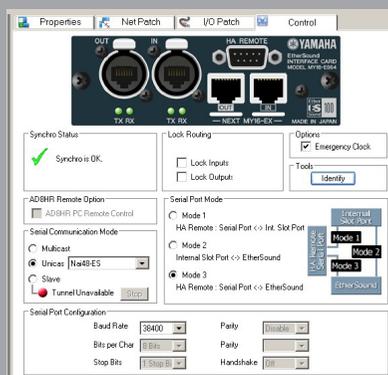
Sauvegardez ensuite les réglages dans une mémoire non volatile pour chaque dispositif. Le système démarrera ainsi toujours avec les bons réglages.

Dernière étape: débranchez le PC du dispositif et fermez l'anneau. Vérifiez la redondance en sabotant le câblage.

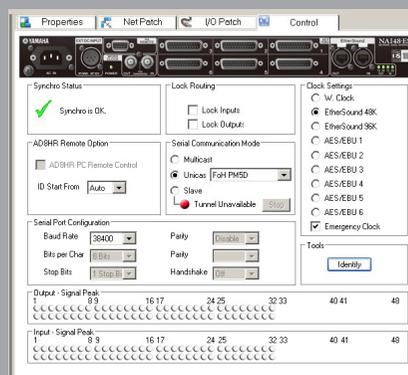
## Contrôle des préamplis de micro

Le protocole de contrôle Yamaha Head Amp (HA) permet de contrôler les préamplis de micro d'un dispositif d'entrée externe à partir d'une console de mixage ou d'un DME. Il utilise une connexion RS422 pouvant passer par un "tunnel" du réseau ES100: les données de contrôle peuvent être envoyées directement par un appareil Yamaha comme un DME Satellite ou une LS9, ou via la connexion RS422 d'une carte MY16-ES64 installée dans une PM5D, M7CL, DM2000, DME24N ou DME64N.

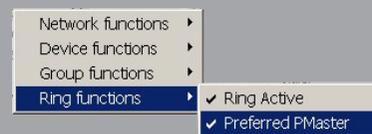
Le contrôle des préamplis de micro (HA) peut se faire soit par une seule connexion entre une console de mixage et un rack E/S, soit par une série de connexions vers plusieurs racks E/S. Les identifiants (ID) HA peuvent être programmés individuellement pour chaque dispositif ES100.



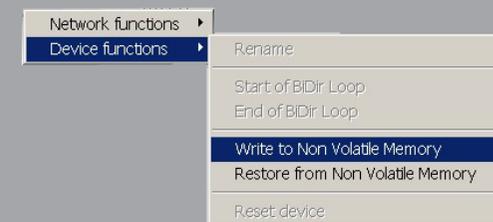
Pilotage de préamplis de micro  
- MY16-ES64 (dans une PM5D)



Pilotage de préamplis de micro  
- NAI48-ES



Activation du PPM



Sauvegarde en mémoire non volatile

# 11. Documentation

## Importance de la documentation

Le dépannage de systèmes analogiques est un art en soi mais reste relativement simple comparé au dépannage d'un réseau. Dans un système analogique, chaque connexion est attestée par un câble. Dans un réseau, par contre, les connexions fonctionnelles sont complètement distinctes des connexions physiques visibles (câbles). Sans une bonne documentation décrivant la programmation des connexions, il est extrêmement difficile de dépanner le réseau. Le temps de dépannage d'un réseau peut être réduit de façon inimaginable avec une bonne documentation. Nous conseillons donc de joindre au système toute la documentation nécessaire sur papier. Si elle est sous forme électronique, optez pour le format pdf que chacun peut lire sans logiciel dédié.

La documentation doit au moins comprendre le schéma de la couche 1 et la liste VIMP. Elle doit être actualisée lorsque le système est modifié ou mis à jour. Elle doit aussi inclure les versions du système et des logiciels, un mode d'emploi du système et un protocole de maintenance.

## Schéma de la couche 1

La hiérarchie du réseau est divisée en sept couches, conformément au modèle OSI. La couche 7 représente l'interface utilisateur (comme l'écran de l'ordinateur). La couche 1 représente l'électronique du système.

Les spécialistes IT se cantonnent généralement aux couches 2 à 7. Les spécialistes audio se cantonnent généralement à la couche 1: celle des câbles et des connecteurs. Dans les deux cas, le point de départ de la documentation de tout réseau audio est le schéma de la couche 1: les spécialistes IT et audio le comprennent quoique les informaticiens nient parfois jusqu'à son existence.

Le schéma de la couche 1 comprend tout le matériel du réseau, le matériel audio et les connexions principales. Les grands systèmes nécessitent parfois deux schémas: un pour le réseau (il n'indique que le matériel et les connexions réseau) et l'autre pour l'audio (il indique le matériel ainsi que les connexions réseau et audio).

## La liste VIMP

Les éléments d'un réseau sont identifiés avec leurs adresses MAC et IP. Des logiciels comme "IP Scanners", "ES Monitor" et "Cobranet Discovery" servent souvent à contrôler et à analyser le système afin de détecter les problèmes. Quand le matériel du système est connecté avec les adresses MAC et IP, ces adresses doivent être indiquées dans la documentation du système. Si ce n'est pas le cas, les adresses MAC doivent être identifiées visuellement une par une, ce qui prend du temps.

Outre les adresses MAC et IP, les assignations de port VLAN des commutateurs du système et les réglages de protocole audio doivent aussi figurer clairement dans des tableaux.

Toutes ces informations constituent la liste VIMP: assignations de port VLAN + tableau IP + tableau MAC + réglages de protocole.

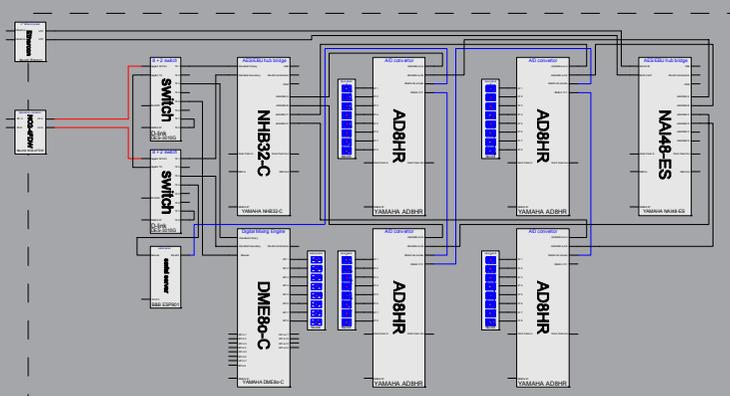


Schéma de la couche 1

Input rack TS1										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.31	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.23	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
	2	2	1	1	1	9				

Mix rack TS2										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.25	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.30	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 4	UL	UL
	2	2	1	1	1	9				

Amprack TS3										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.28	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.24	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 3	UL	UL
	2	2	1	1	1	9				

Amprack TS4										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.27	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 3	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.22	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 4	UL	UL
	2	2	1	1	1	9				

Rack	Module	IP	MAC	OS/PROSP	Notes
TS1	DMR200	03	35	7	NOT MGMT only, defective
TS2	DMR200-C	01	32	5	
TS3	DMR80-C	02	33	3	Input to DME80-C
TS4	DMR80-C	03	30	1	
TS4	DMR80-C	04	05	4	Input to DME80-ES
TS3	DMR80-C	05	37	5	
TS3	DMR80-ES	06	7a	2	

VLAN	Color
1	Default
2	Control
3	ES A
4	ES B
5	Rec 1
6	Rec 2
7	Rec 3
8	Rec 4
9	ES A

Liste VIMP

# 12. Dépannage

## 1. Cherchez des informations.

Première étape: cherchez la documentation du système. Sans la documentation, le dépannage peut être jusqu'à 10 fois plus long. Les informations doivent normalement être fournies sous forme de copie papier ou de fichier pdf sur §CD, clé USB ou site internet.

Si la documentation n'est pas disponible, commencez par inspecter le système: élaborer un schéma de la couche 1, répertoriez les adresses MAC et IP si possible. Si le système comprend des commutateurs gérés, la structure du VLAN doit également être établie faute de quoi, il est impossible de déterminer la nature des connexions. Cela entraîne souvent une quête hasardeuse du numéro de téléphone du concepteur du réseau.

## 2. Scannez le VLAN par défaut (Ping).

Si le système contient des commutateurs, la deuxième étape consiste à balayer (ping) le VLAN par défaut avec un scanner IP et à comparer les adresses IP actives avec la documentation - en partant du principe que le VLAN par défaut sert à la gestion et au contrôle du réseau. Si une adresse IP manque, c'est là que se situe le problème.

Si le système ne contient pas de commutateurs, sautez l'étape 2.

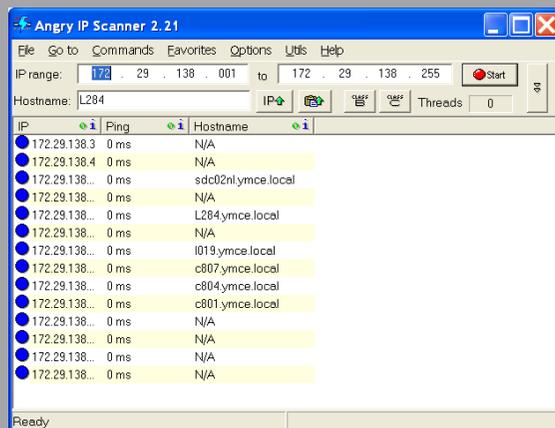
## 3. Lancez ES Monitor.

Débranchez un câble du port OUT d'un dispositif ES100 au hasard et branchez-le à un ordinateur puis lancez ES Monitor.

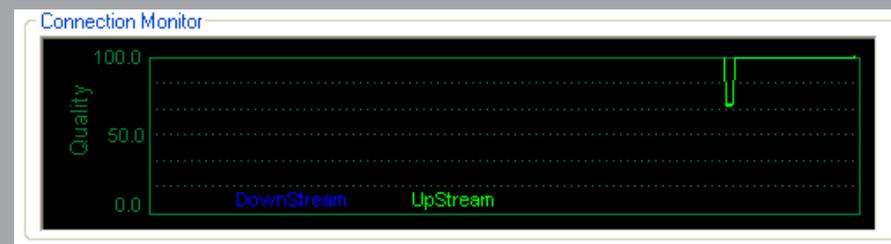
ES Monitor montre tous les dispositifs ES100 de l'anneau. Si l'un d'entre eux manque, c'est là que se situe le problème. Si tous les dispositifs sont actifs, vérifiez le "Connection Monitor" dans le bas de la page onglet "Properties". Ce moniteur doit être activé dans les préférences de ES Monitor. La représentation graphique "Connection Monitor" indique le niveau de stabilité des connexions descendantes et ascendantes du réseau. Si elle fait un plongeon, c'est là que se situe le problème.

## 4. Vérifiez les 3 principales causes de problèmes.

- 1) réglages wordclock des hôtes de cartes MY.
- 2) câbles de connexion débranchés
- 3) connecteurs/câbles longue distance défectueux



'Angry IP scanner'



ES Monitor  
Contrôle des connexions

# 13. Exemple 1: Consoles de façade et de retours 48 can. - rack de scène

## Consoles de mixage

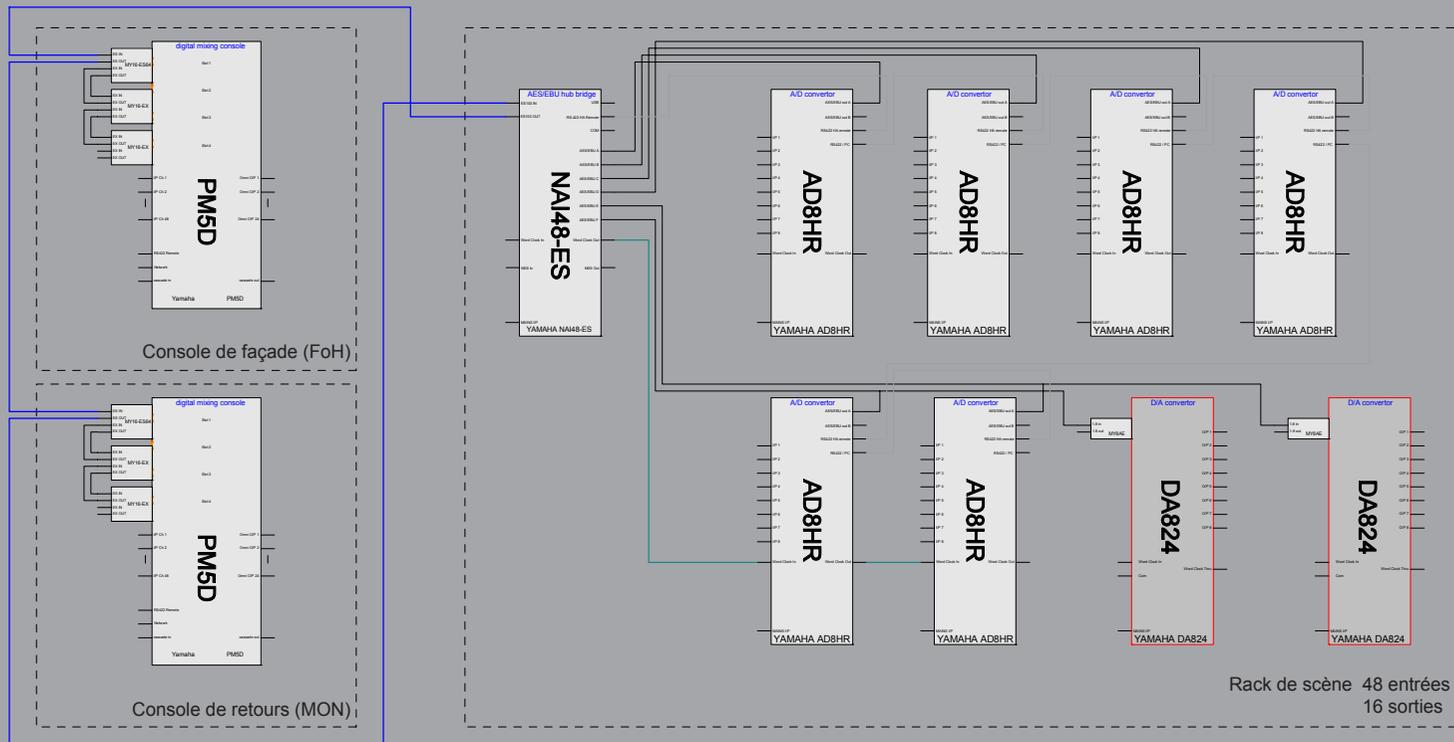
Le système comprend deux PM5D: une console de façade et une console de retours (MON). Les deux consoles sont dotées d'une carte MY16-ES64 et de deux cartes MY16-EX pour 48 canaux provenant du rack de scène. Les 16 canaux restants sur les 64 de l'anneau ES100 peuvent servir pour envoyer n'importe quelle combinaison de sorties des consoles de façade et de retours aux sorties du boîtier de scène.

## Rack de scène

Le rack de scène comprend six AD8HR disposant de préamplis de micro et de convertisseurs A/N de la qualité de ceux de la PM5D-RH et de la PM5000. Les préamplis sont pilotés par la console de façade exploitant le tunnel série du réseau ES100. Le rack de scène comprend aussi 16 sorties et accepte n'importe quelle combinaison de signaux des consoles de façade et de retours.

## Réseau

La topologie du réseau est un anneau redondant pour l'audio uniquement. Les câbles longue distance sont branchés directement aux cartes MY16-ES64 des consoles de façade et de retours et à l'interface NAI48-ES dans le rack de scène. Les consoles et le rack de scène peuvent être connectés et mis sous tension dans n'importe quel ordre.



# 14. Exemple 2: Consoles de façade et de retours 32 can. - 2 racks de scène - 1 rack d'ampli

## Consoles de mixage

Le système comprend une M7CL-32 comme console de façade et une LS9-32 comme console de retours. Les deux consoles sont dotées d'une carte MY16-ES64 et d'une carte MY16-EX pour 32 canaux provenant des racks de scène. Les 32 canaux restants sur les 64 de l'anneau ES100 peuvent servir pour envoyer n'importe quelle combinaison de sorties des consoles de façade et de retours aux sorties des racks de scène et du rack d'amplis.

## Racks de scène et rack d'ampli

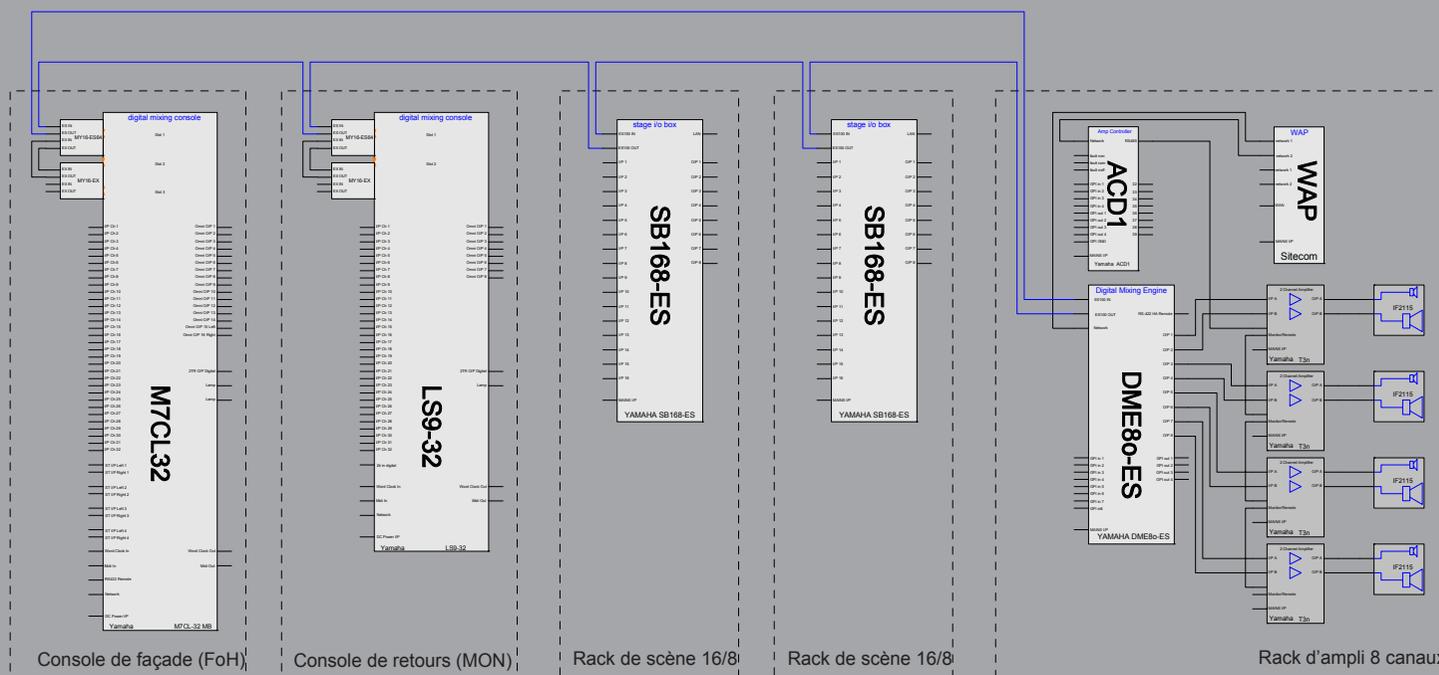
Les racks de scène comprennent 16 canaux de préamplis de micro et de convertisseurs A/N, pilotés par la console de façade utilisant le tunnel série du réseau. Les racks de scène ont également 8 sorties pour retours de scène.

Le rack d'ampli contient un DME8o-ES pour le traitement des enceintes et quatre amplificateurs T3n pour alimenter les haut-parleurs principaux (série IS) de sonorisation.

## Réseau

La topologie du réseau est un anneau redondant pour l'audio uniquement. Des câbles longue distance relient les cartes MY16-ES64 des consoles de façade et de retours aux racks de scène SB168-ES et au DME8o-ES du rack d'ampli. Les consoles et les racks peuvent être connectés et mis sous tension dans n'importe quel ordre.

Le DME8o-ES et l'ACD1 sont branchés à un point d'accès sans fil (WAP) pour permettre un contrôle et un pilotage sans fil des enceintes.





Solution intégrée

### Solution intégrée

La vaste gamme de produits Commercial Audio de Yamaha permet de proposer une solution intégrée pour les installations audio et les applications nomades les plus complexes. Nous proposons des dispositifs de mixage et de traitement numériques ainsi qu'une amplification multi-canal en réseau et un large éventail de dispositifs de sortie. De plus, les concepteurs de système qualifiés de Yamaha System Solutions peuvent élaborer et tester préalablement des systèmes conçus sur mesure pour répondre exactement à vos demandes.

### Yamaha System Solutions

Bien que nous soyons particulièrement fiers de l'excellence de nos produits, nous savons qu'un système demande plus que des produits: câblage, technologie de réseau, outils de conception, outils de gestion de qualité etc. C'est pourquoi nous collaborons étroitement avec notre réseau de concepteurs de systèmes qualifiés afin d'offrir une solution intégrée pour les installations fixes et nomades.

### Document d'information "Conception de réseau audio avec ES100™"

Yamaha Commercial Audio, 2008 - Ron Bakker, Andy Cooper, Tree Tordoff

AMX™ est une marque commerciale de AMX corporation. Crestron® est une marque commerciale de Crestron Electronics, Inc. CobraNet™ est une marque commerciale de Peak Audio, une division de Cirrus Logic. EtherSound™ et ES100™ sont des marques commerciales de Digigram SA. EtherCon® et OpticalCon® sont des marques commerciales de Neutrik Vertrieb GmbH. Fiberfox® est une marque commerciale de Connex Elektrotechnische Stecksysteme GmbH.