



Le câble réseau RJ45 en Audio analogique ou numérique AES3 et AES/EBU

*Par Gérard Storck Co-fondateur de la Société Rami
Conception graphique Annie Guyomard*

De nos jours avec l'accroissement des réseaux informatiques, le câble RJ45 est l'un des systèmes d'interconnexion le plus utilisé. On le voit de plus en plus apparaître dans le milieu de l'audio professionnel. Il présente en effet de nombreux avantages, câblage facile, disponibilité, présence de réseaux câblés dans beaucoup de bâtiments, intégration facilitée avec accessoires XLR vers RJ45 + câble RJ45/RJ45 standard, alimentation en énergie de l'équipement par le même câble. D'autre part le câble réseau (100 Ohms) a quasiment la même impédance caractéristique que le câble AES/EBU (110 Ohms).

Nous allons voir ensemble les différents câbles réseau, les types, les catégories, les standards de câblages et notre analyse sur chaque point.

Remarque : nous avons dissocié dans le titre AES3 et AES/EBU car seul l'EBU impose des transformateurs à chaque extrémité d'une liaison numérique, alors que l'AES3 ne l'impose pas systématiquement.

SOMMAIRE :

- 1 - Les types de câble réseau
- 2 - Les catégories de câble réseau et caractéristiques
- 3 - Alimentation du périphérique en énergie par le câble réseau
- 4 - Standard de câblage TIA / EIA 568A et TIA / EIA 568B
- 5 - Impédance caractéristique d'un câble
- 6 - Le standard de câblage pour l'audio analogique ou numérique
- 7 - Accessoires de câblage XRJ
- 8 - Equipements disponibles en câblage RJ45
- 9 - Conclusion
- 10 - Annexe 1

1 - Les types de câble réseau

Correspondance des lettres pour les désignations suivantes (Nouvelles désignations normalisées) :
Les paires sont toujours torsadées.

U pour Unshielded = Pas de blindage, ni écran.

F pour Foiled = Ecranté par feuillard aluminium.

S pour Shielded = Blindage par tresse métallique.

U/UTP : Unshielded Twisted Pair = Pas d'écran et non blindé.

F/UTP : Foiled / Unshielded Twisted Pair = Ecranté par feuillard aluminium autour.

U/FTP : Unshielded / Foiled Twisted Pair = Ecranté par feuillard aluminium paire par paire uniquement.

F/FTP : Foiled / Foiled Twisted Pair = Ecranté par feuillard aluminium paire par paire et écranté par feuillard aluminium autour.

S/FTP ou STP : Shielded / Foiled Twisted Pair = Ecranté par feuillard aluminium paire par paire et blindé par tresse métallique autour.

Analyse :

- Nous avons effectué des mesures de diaphonie en analogique entre paires avec un câble U/FTP chargé 100 Ohms à l'émission et chargé 10 K Ohms à la réception.
La mesure a donné 100 dB de diaphonie à 10 KHz, ce qui est excellent en analogique.
- Si l'environnement est riche en perturbations radio fréquences, on ne peut que conseiller le **Type F/FTP** et, si ces perturbations sont plus en basse fréquence il faudrait choisir le **Type S/FTP**.

2 - Les catégories de câble réseau et caractéristiques

Catégorie	Classe	Débit max	Fréquence max
Cat 5e	De	2,5 Gbit/s sur 100m et 10 Gbit/s sur 30m	100 MHz
Cat 6	E	5 Gbit/s sur 100m et 10 Gbit/s sur 55m	250 MHz
Cat 6a	Ea	10 Gbit/s sur 100m	500 MHz
Cat 7	F	40 Gbit/s sur 50m et 100 Gbit/s sur 15m	600 MHz

Analyse :

- Pour l'analogique le débit et la fréquence max n'ont pas d'importance.
- Pour un signal AES/EBU de 192 KHz d'échantillonnage, en 24 bits et deux canaux (stéréo), on doit pouvoir passer une fréquence de $(192\ 000 \times 24 \times 2) / 10^{-6} = 9,21$ Méga Hertz.

On voit que tous les câbles du tableau ci-dessus conviennent parfaitement pour l'AES/EBU.

3 - Alimentation du périphérique en énergie par le câble réseau

On peut réserver une paire du câble réseau pour alimenter un périphérique. Dans ce cas, il faut se soucier de la section cuivre des paires pour minimiser la chute de tension, contrairement aux idées reçues la section varie beaucoup en fonction du type de câble.

La section est souvent indiquée par le fabricant du câble réseau en **AWG**, et varie entre **AWG 28 et AWG 22**.

- L'**AWG (American Wire Gauge)** indique par son numéro la section du fil.
Attention plus le numéro est petit et plus la section est grande, cela vient de la fabrication d'un fil électrique, le tréfilage. On part d'un fil relativement gros et on passe plusieurs fois dans la machine à tréfiler qui enlève de la matière à chaque passage avec des trous de plus en plus petits. Cela donne évidemment un diamètre de fil garanti, le numéro AWG donne alors le nombre de passage dans la machine, plus il y a de passage plus le diamètre diminue.

Correspondance AWG et mm², pour les Gauges des différents câbles réseau :

Gauge AWG	Section en mm ²	Résistance Ω / Km
22	0,326	52,95
23	0,258	66,80
24	0,205	84,20
25	0,162	106
26	0,129	133
27	0,102	169
28	0,0810	213

Attention, l'échelle AWG n'est pas linéaire et même plutôt logarithmique. Par exemple, la section est double pour AWG 23 comparé à AWG 26, et la résistance linéique est évidemment la moitié.

Si l'on ne dispose pas des caractéristiques AWG du fabricant du câble, on peut si c'est un mono brin mesurer le diamètre et en déterminer la section, cependant ce n'est pas possible si c'est un multibrin, car si la section AWG est bien la somme des sections de tous les brins, le volume de l'assemblage est plus important qu'avec un mono brin.

Le tableau ci-dessus est valable pour des fils en cuivre, certains câbles économiques utilisent des fils aluminium recouvert de cuivre, dans ce cas la résistance linéique est plus importante car la résistivité de l'aluminium est 1.6 fois supérieure à celle du cuivre, donc à bannir pour l'utilisation en alimentation d'un périphérique.

On voit parfois dans la littérature que les *Cat5e sont en AWG 26*, les *Cat 6 et 6a en AWG24* et les *Cat7 en AWG 23*. C'est souvent le cas, mais à vérifier avant bien sûr, il y a souvent des exceptions.

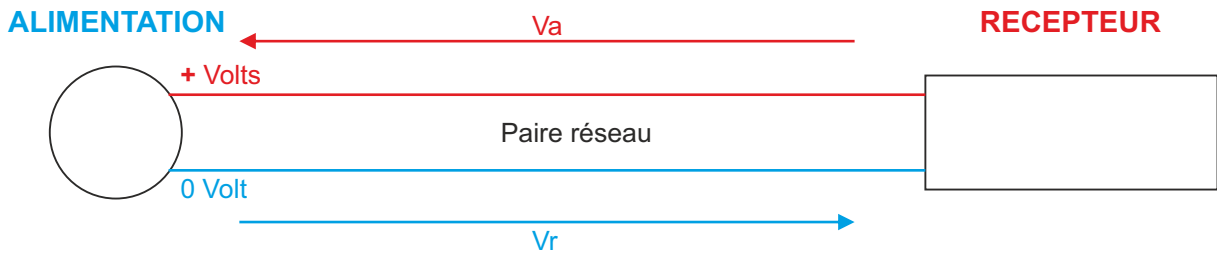
- **Calcul de la résistance d'un fil :**

Voir le calcul en ANNEXE 1

- **La chute de tension dans le câble :**

Le périphérique étant alimenté par une paire du câble, on a donc une chute de tension due à la résistance linéique de l'aller plus celle du retour, soit $V_a + V_r$ sur la figure. On considérera donc deux fois la résistance du fil d'une paire dans les calculs suivants en fonction de la longueur.

Calculs en annexe :



- **Quelques formules** adaptées au câble réseau pour calculer le pourcentage de pertes de tension en fonction de la Gauge :

La longueur L (en m), le courant I (en A), la tension d'alimentation U (en volts)

AWG 28	$\% = (L \times I \times 42.6) / U$
AWG 26	$\% = (L \times I \times 26.6) / U$
AWG 24	$\% = (L \times I \times 16.8) / U$
AWG 23	$\% = (L \times I \times 13.3) / U$
AWG 22	$\% = (L \times I \times 10.5) / U$

** Précisions des calculs en ANNEXE 1*

4 - Standard de Câblage TIA/ EIA 568A et TIA/EIA 568 B

Paire	RJ 45 - n° pin	TIA / EIA 568 A	TIA / EIA 568 B
2	1	Vert / Blanc	Orange / Blanc
2	2	Vert	Orange
3	3	Orange / Blanc	Vert / Blanc
1	4	Bleu	Bleu
1	5	Bleu / Blanc	Bleu / Blanc
3	6	Orange	Vert
4	7	Marron / Blanc	Marron / Blanc
4	8	Marron	Marron

Analyse :

- On voit que pour les deux standards **TIA/ EIA 568A** et **TIA/ EIA 568 B**, ce sont simplement les couleurs de la paire 2 (pins RJ45 : 1 et 2) et de la paire 3 (pins RJ45 : 3 et 6) qui sont inversées. Le standard **TIA/ EIA 568 B** étant le plus utilisé.
- Si les RJ45 sont câblées à chaque bout du câble, on peut utiliser n'importe quel standard (c'est la même chose, c'est juste la couleur des paires qui change dans le câble).
- Cependant, s'il y a sur le câble une RJ45 de câblée à une extrémité et un épanoui à l'autre extrémité, il faudra bien évidemment vérifier quel est le standard utilisé.

5 - Impédance caractéristique d'un câble

L'impédance caractéristique d'un câble sans pertes est définie par :

$$Z_{\text{caractéristique}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

L est l'inductance et **C** est la capacité par unité de longueur d'un câble.

Pour un exemple de calcul un câble de $L = 0.6 \mu\text{H}$ par mètre et $C = 50 \text{ pF}$ par mètre nominal donne :

$$Z_{\text{caractéristique}} = \sqrt{\frac{0.6 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-12}}} = 110 \Omega$$

Les deux valeurs **L** et **C** dépendent du diamètre des conducteurs, ainsi que leur espacement et aussi, de la constante diélectrique de l'isolement interne.

Ce sont les variations de ces deux valeurs en fonction de la fabrication, qui donnent en fait la tolérance de l'impédance caractéristique d'un câble.

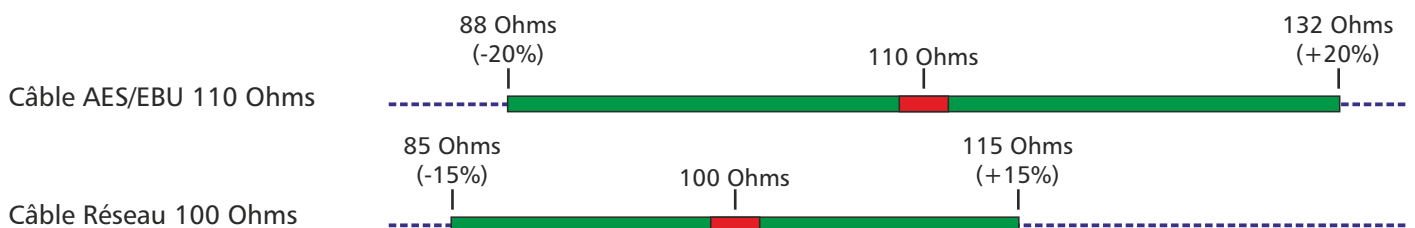
Quelques exemples d'impédance caractéristique :

- 50 ou 75 Ohms pour une liaison coaxiale.
- 100 Ohms pour une paire torsadée.
- 200 à 300 Ohms pour une ligne bifilaire.

Pour un transfert d'énergie optimal (et éviter des réflexions) entre un émetteur et un récepteur en audio numérique AES/EBU, il faut à la fois que l'impédance de sortie de l'émetteur et l'impédance d'entrée du récepteur soit égale à 110 Ohms, et que l'impédance caractéristique du câble soit aussi égale à 110 Ohms.

Analyse :

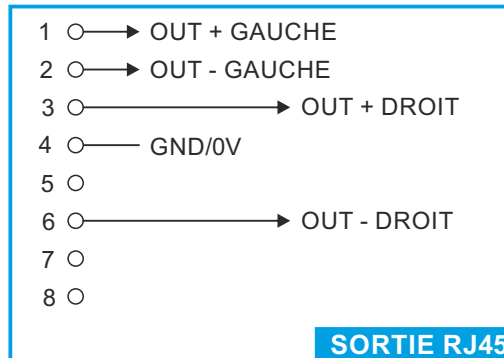
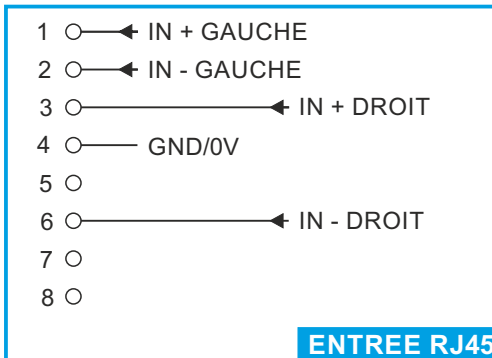
- Il faut aussi tenir compte des valeurs de tolérance de l'impédance caractéristique en fonction d'un câble spécifié.
- Un câble 110 Ohms AES/EBU est donné à +/- 20 % en général.
- Un câble 100 Ohms réseau est donné à +/- 15 % en général.
- On peut donc utiliser un câble réseau pour transmettre un signal AES/EBU comme on peut le voir ci-dessous car les valeurs des impédances caractéristiques se chevauchent en tenant compte des tolérances



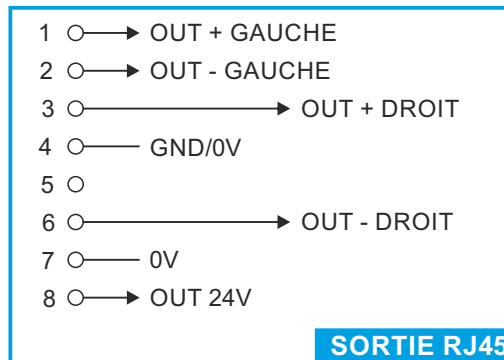
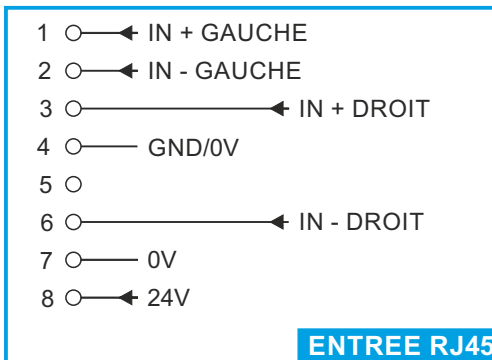
6 - Le standard de câblage pour l'audio analogique ou numérique

A / RJ45 en Analogique

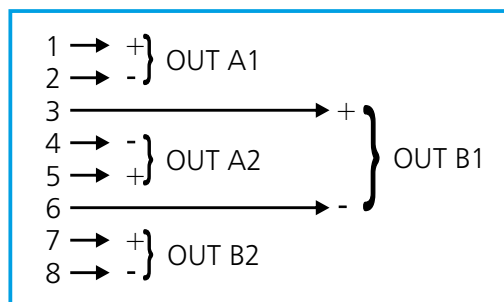
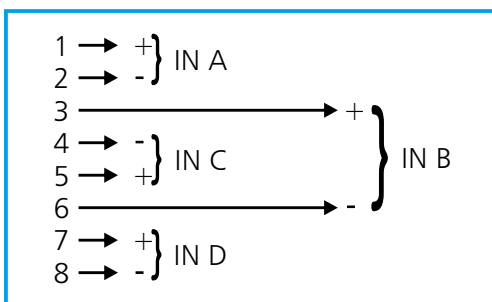
Câblage des RJ45 en analogique



- On peut aussi utiliser les paires non utilisées pour transmettre l'énergie pour l'alimentation, par exemple ci-dessous le standard de câblage RAmi avec le 0V en 7 et le +24V en 8.

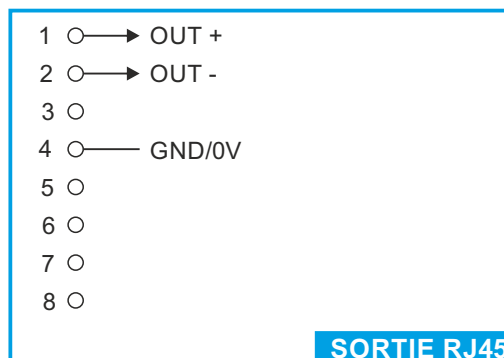
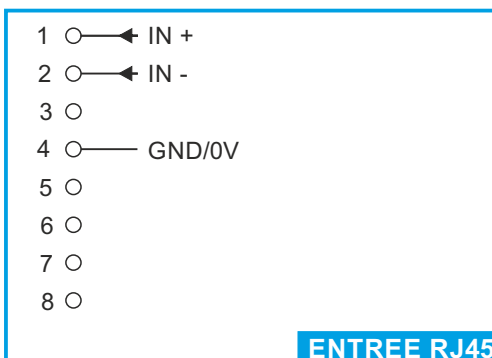


- On peut aussi utiliser les 4 paires de la RJ45 pour transmettre 4 signaux analogiques symétriques. C'est ce que l'on a choisi pour l'EXT832 de façon à obtenir une très grande densité.



B / RJ45 en AES / EBU

Câblage des RJ45 en AES/EBU



7 - Accessoires de câblage XRJ

RAMi propose des accessoires de câblage pour interfacer des équipements en XLR avec un câble réseau en RJ45.

Les **XRJ102M** et **XRJ102F** sont utilisables aussi bien, en analogique qu'en numérique AES3 ou AES/EBU.

7.1 - Accessoires : Adaptateurs audio RJ45

- XRJ102M : Câble Adaptateur RJ45 Femelle vers deux "XLR Mâle"
- XRJ102F : Câble Adaptateur RJ45 Femelle vers deux "XLR Femelle"

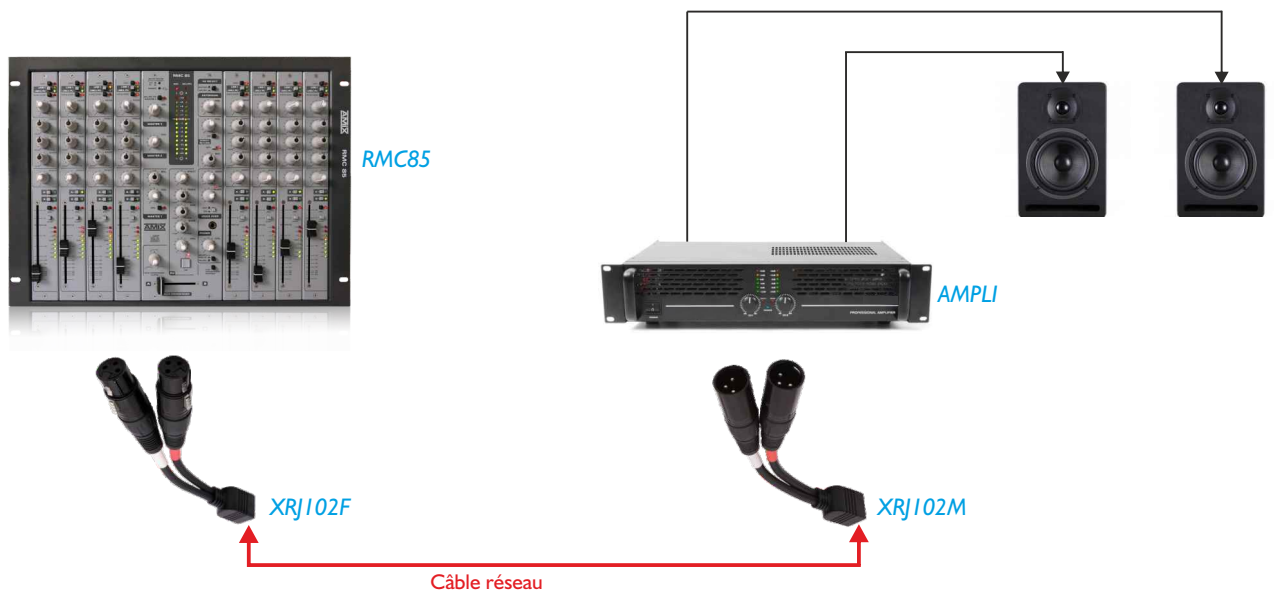
Conçus pour être utilisés avec le standard international, ces adaptateurs offrent une excellente transmission du signal et une fiabilité dans le temps.

La longueur de chaque adaptateur est de 20cm.



7.2 - Exemples d'utilisation

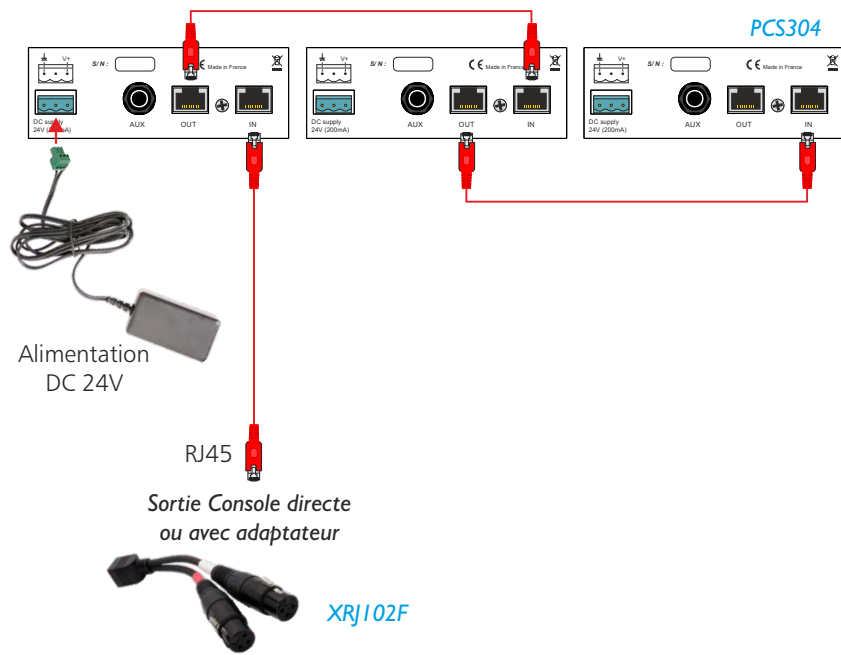
7.2.1 - Liaison table de mixage vers amplificateur



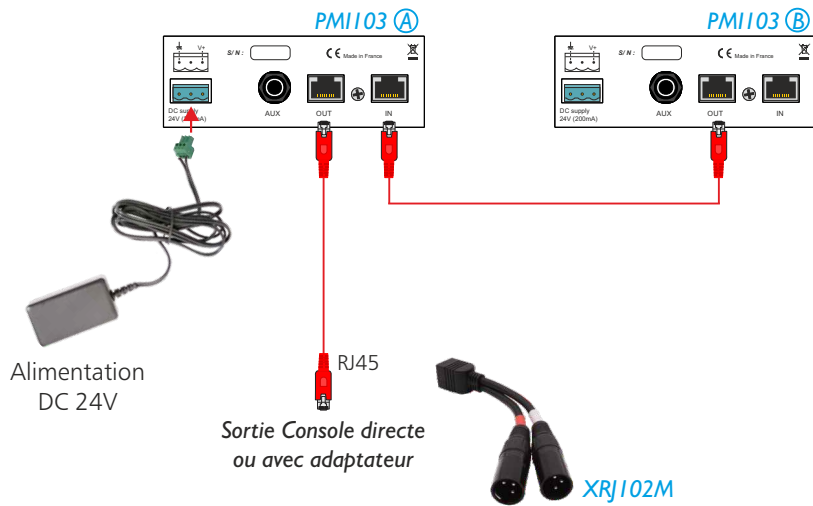
7.2.2 - Liaison machine vers table de mixage



7.2.3 - Câblage de PCS304 sur une console en sortie XLR



7.2.4 - Câblage d'un ou de deux PMI103 sur une console en entrée XLR



8 - Equipements disponibles en câblage RJ45

8.1 - Le PRF75A

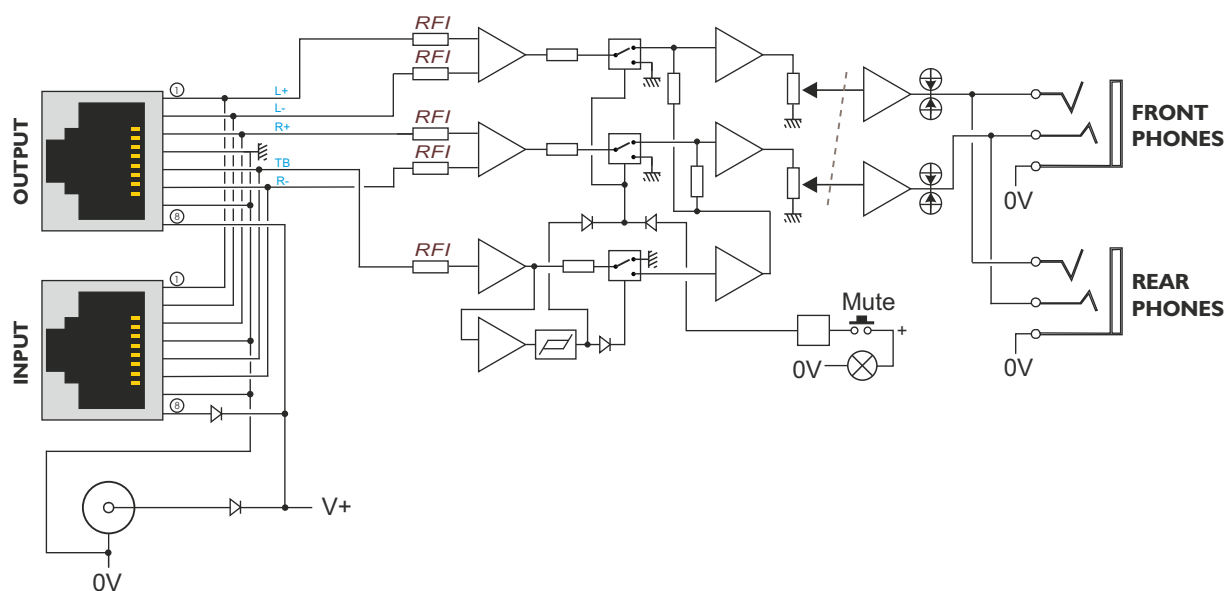
Amplificateur pour casque à intégrer sous le plateau du studio.

- Entrée RJ45 avec audio symétrique stéréo + alimentation.
- Sortie audio RJ45 avec alimentation pour extension vers d'autres PRF75A (ou PCS304)

https://www.ramiaudio.com/produit.php?id_prod=255



Synoptique



8.2 - Le PCS304

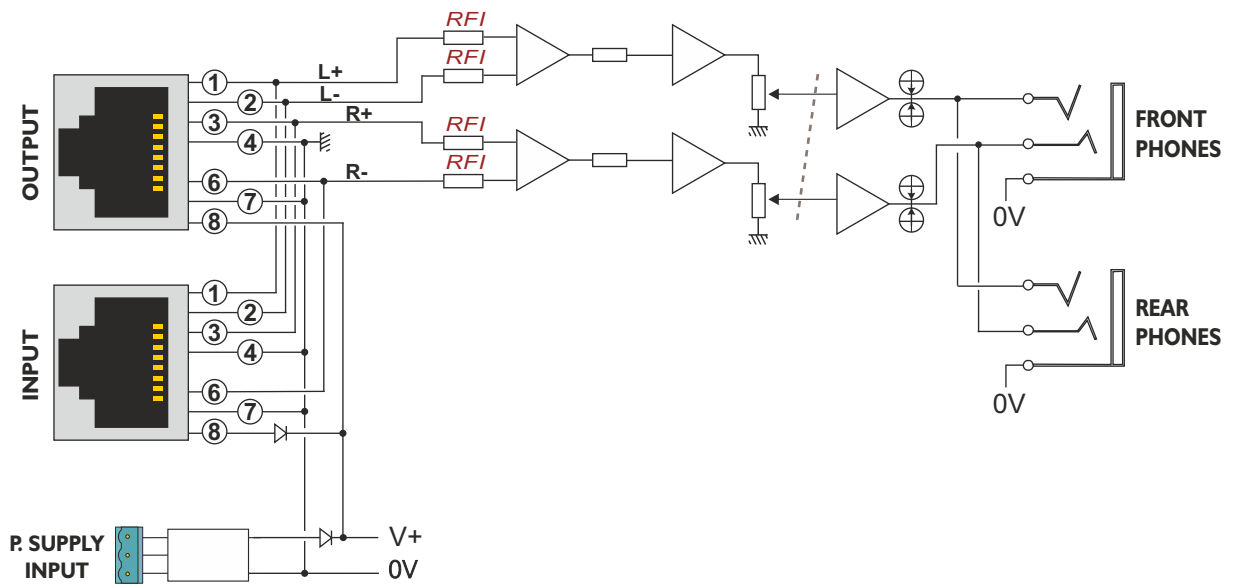
Amplificateur pour casque à encastrer sur le plateau du studio.

- Entrée RJ45 avec audio symétrique stéréo + alimentation.
- Sortie audio RJ45 avec alimentation pour extension vers d'autres PCS304 (ou PRF75A)

https://www.ramiaudio.com/produit.php?id_prod=264



Synoptique



8.3 - Le PMI103

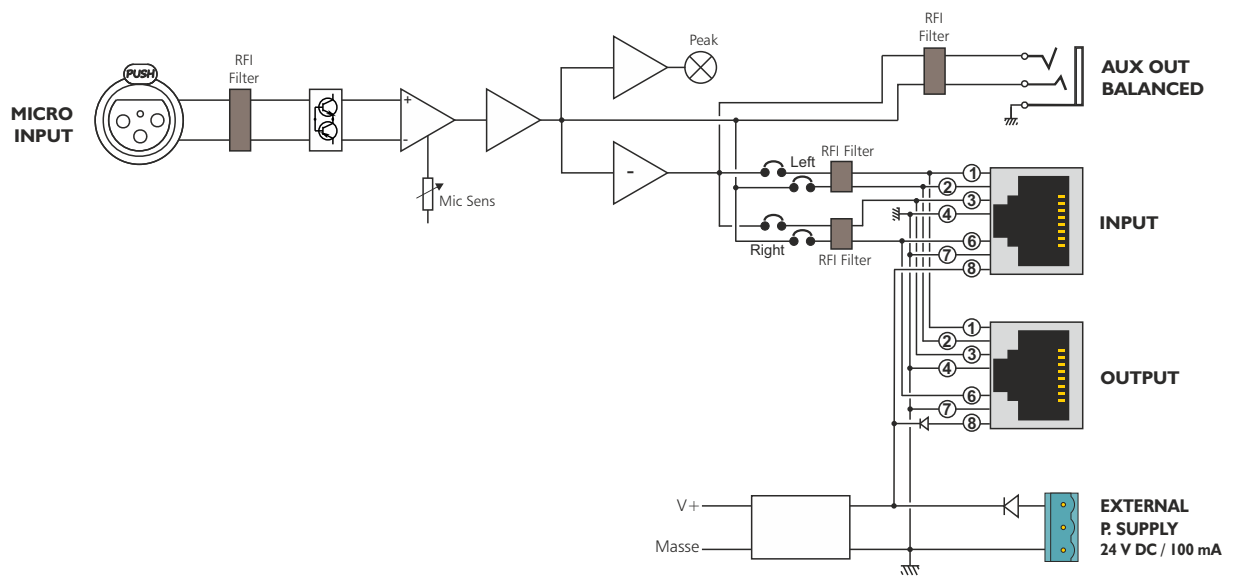
Préamplificateur micro à encastrer sur le plateau du studio.

- Sortie RJ45 avec audio symétrique stéréo + entrée alimentation.
- Entrée audio RJ45 avec alimentation pour le raccordement d'un autre PMI103

https://www.ramiaudio.com/produit.php?id_prod=269



Synoptique



8.4 - Le PCS404

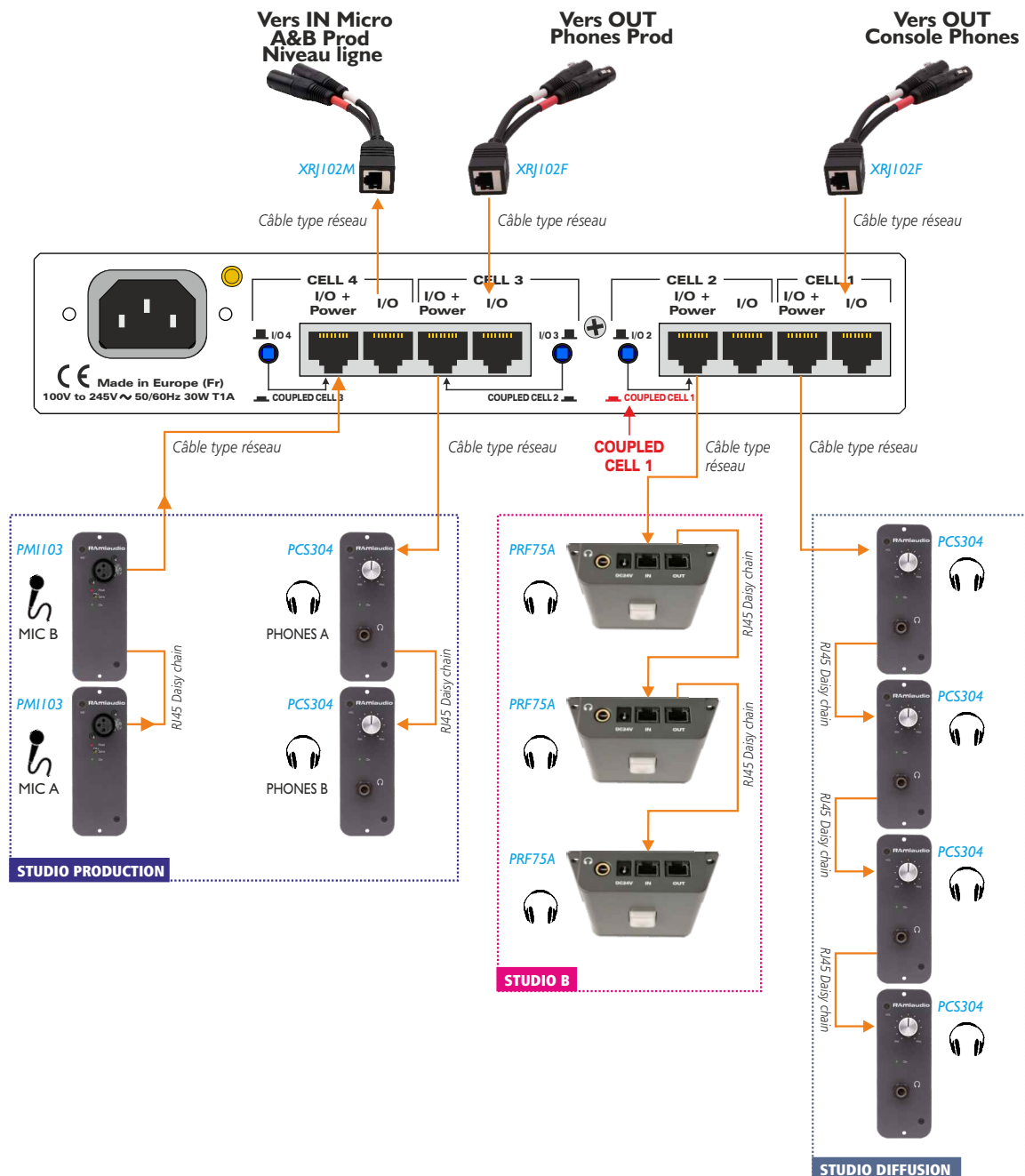
Distributeur RJ45 avec Alimentation

- Entrée RJ45 : Signal audio stéréo symétrique (Ex : sortie console).
- Sortie RJ45 : Signal audio d'entrée plus alimentation 24V pour l'équipement en aval.

https://www.ramiaudio.com/produit.php?id_prod=271



Synoptique



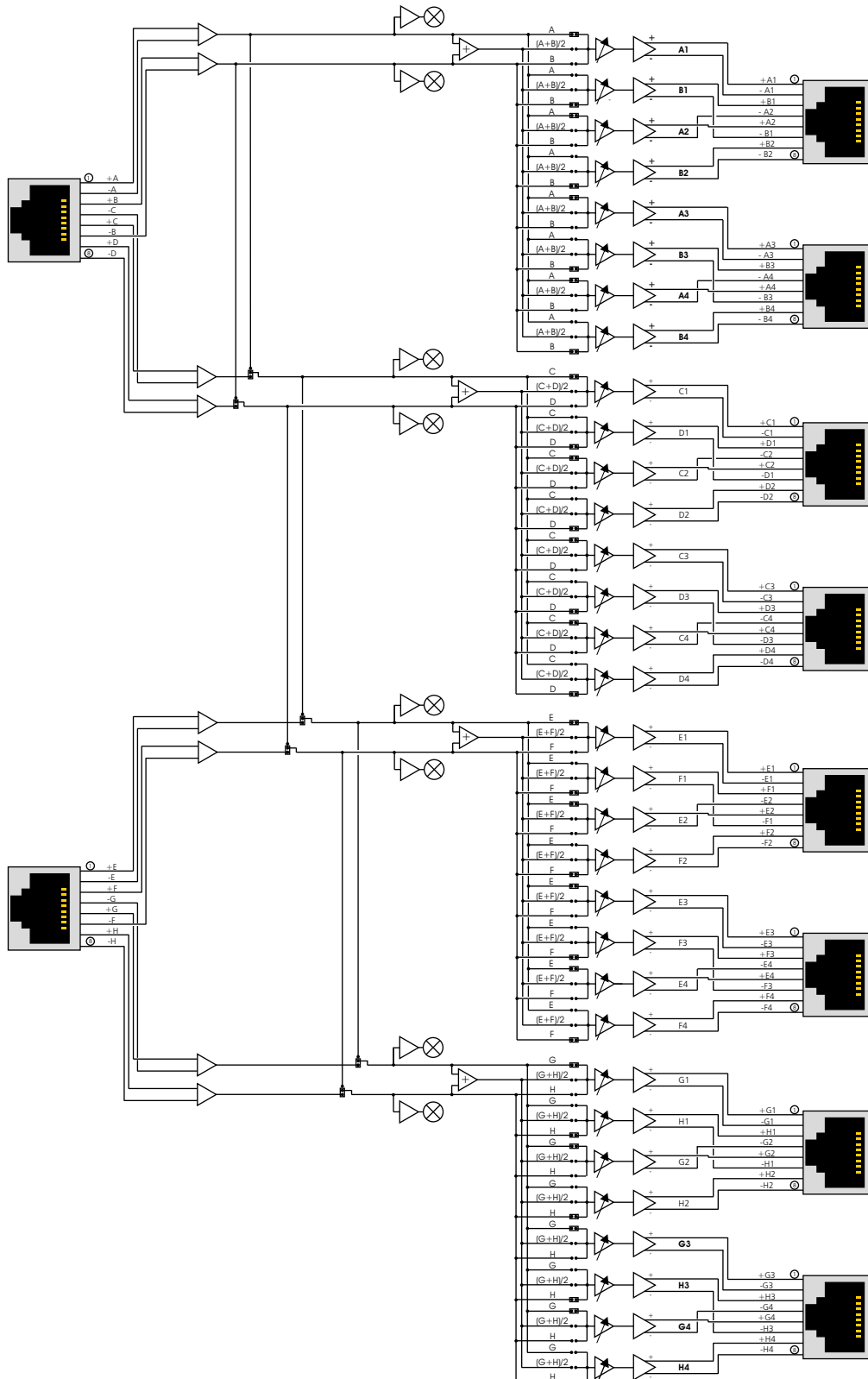
8.5 - L 'EXT832

Distributeur analogique stéréo symétrique 8 vers 32 en rack 19 pouces

https://www.ramiaudio.com/produit.php?id_prod=47



Synoptique



9 - Conclusion

Nous avons essayé de regrouper dans cette analyse toutes les informations dont vous aurez besoin pour pouvoir utiliser et choisir le câble réseau dans le domaine de l'audio analogique et numérique AES/EBU.

Vous avez pu voir les différents types et catégories de câbles, ainsi que les deux standards de couleur des paires, ainsi que le schéma de câblage international.

La description des accessoires de câblage XLR vers RJ45 et des équipements disponibles en accès direct RJ45 pourra vous fournir les informations nécessaires pour compléter ou réaliser de la façon la plus ergonomique possible les connexions de votre studio.

10 - Annexe 1

- **Calcul de la résistance d'un fil :**

La résistance R (en Ω), la section S (en m^2), la longueur L (en m) et la résistivité ρ (en $\Omega \times m$)

$$\text{On a : } R = \rho \times (L / S)$$

La formule est très utile si on ne dispose pas des caractéristiques du câble.

La résistivité du cuivre étant de $1.72 \times 10^{-8} \Omega.m$, par exemple pour un câble AWG26 de section $0.129mm^2$ et une longueur de 1Km.

$$\text{On a : } R = (1.72 \times 10^{-8} \Omega.m) \times (1000 / (0.129 \times 10^{-6})) = \mathbf{133 \Omega \text{ par Km}}$$
 valeur vérifiée dans le tableau page 4.

Calcul utile et valable pour n'importe quel type de câble en cuivre.

- **La chute de tension dans le câble :**

Le calcul est simple pour la chute de tension, c'est la loi d'Ohm $U=R \times I$, par exemple pour une distance de 10 mètres la résistance totale des fils d'un câble AWR 26 est de **$10 \times 2 \times 0.133 \text{ Ohms} = 2,66 \text{ Ohms}$** .

Si le courant est de 0.5A on a donc une chute de tension totale de **$2.66 \times 0.5 = 1,33 \text{ Volts}$** .

Remarque : Pour une puissance donnée absorbée par le récepteur il vaut mieux travailler avec une tension importante.

Par exemple : Pour un périphérique fonctionnant avec une puissance absorbée de $P=5 \text{ W}$

En 24 V le courant sera de $I = P/U = 5 / 24 = 208 \text{ mA}$ soit avec un câble 10 m en AWG 26 une chute de tension de $V = 2 \times 10 \times 0.133 \times 0.208 = \mathbf{0.55 \text{ Volts cad } 2.29 \%}$ de la tension nominale.

En 12 V le courant sera de $I = P/U = 5 / 12 = 416 \text{ mA}$ soit avec un câble 10 m en AWG 26 une chute de tension de $V = 2 \times 10 \times 0.133 \times 0.416 = \mathbf{1.10 \text{ Volts cad } 9,16 \%}$ de la tension nominale.

C'est pour cette raison que chez RAMi, on a choisi la tension de 24 V pour l'alimentation de nos équipements .

Précisions sur les formules adaptées au câble réseau :

Par exemple en AWG 26, sur 10 mètres et un courant de 208 mA en 24 V (5 W) on a :

$$\% = (10 \times 0.208 \times 26.6) / 24 = \mathbf{2,3 \%}$$
 on retrouve le même résultat que ci-dessus.

En AWG 28 on aurait **3.6 %** et en AWG23 on aurait **1,15 %** seulement de perte.

Attention : En 12 V avec un courant de 416 mA (5 w) et en AWG 28 on aurait $(10 \times 0.416 \times 42.6) / 12 = 14,7 \%$ de perte soit **10,2 Volts au lieu de 12 Volts**.

En AWG 23 on aurait que $(10 \times 0.416 \times 13.3) / 12 = 4,6 \%$ soit **11.45 Volts au lieu de 12 Volts**

RAmi

7 Rue Raoul Follereau
77600 BUSSY SAINT GEORGES - FRANCE
Tél. : 33 (0)1 64 66 20 20- Fax : 33 (0)1 64 66 20 30
E-mail : rami@ramiaudio.com
www.ramiaudio.com