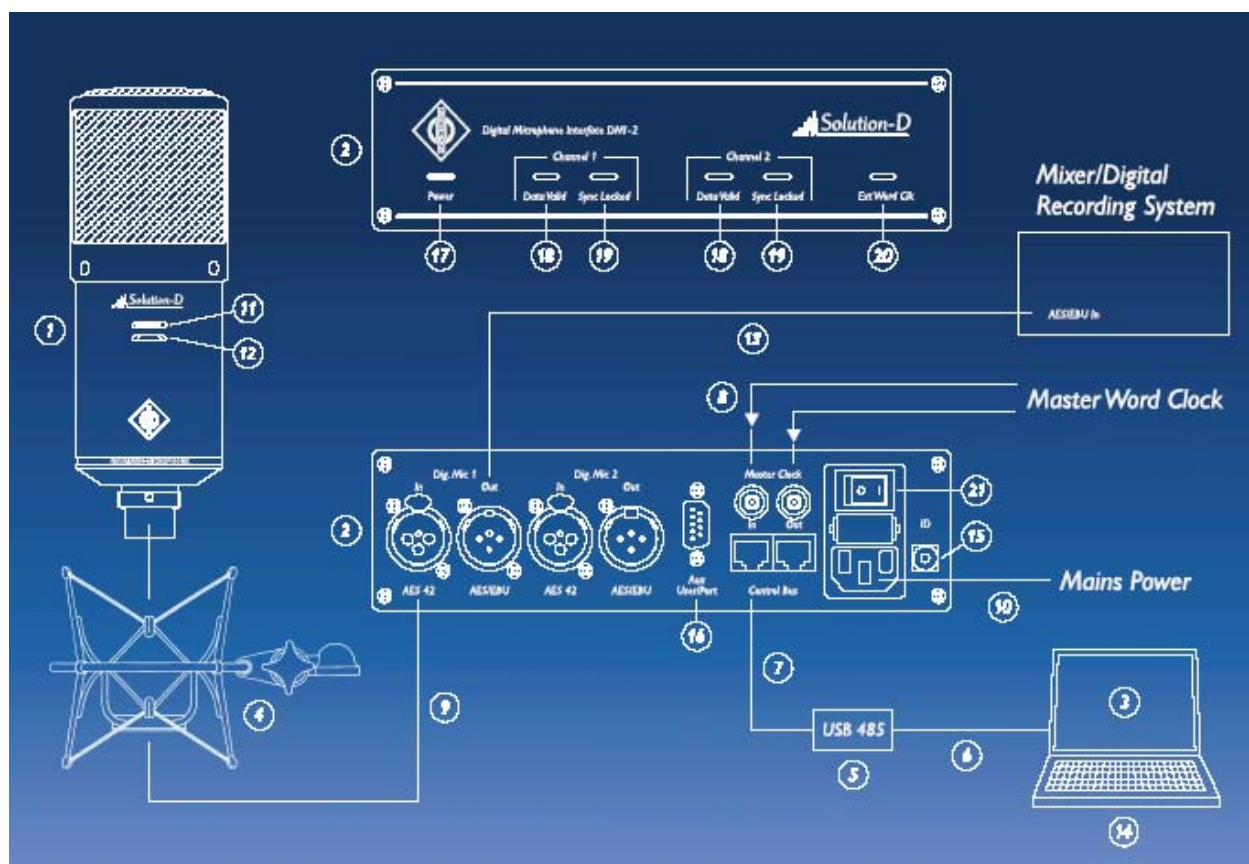


LES MICROPHONES NUMÉRIQUES



SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
I / RAPPEL THÉORIQUE	3
1) Le son analogique	3
2) La conversion analogique/numérique	4
3) Le son numérique : avantages et inconvénients.	
Intérêt potentiel d'un microphone numérique	5
II/ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET TECHNOLOGIES	6
1) Beyerdynamic MCD : les pionniers	7
2) Neumann SOLUTION-D : un aboutissement ?	10
a) Le microphone D-01	10
b) L'interface numérique DMI-2	12
c) Le logiciel RCS	14
III/ LA NORME AES-42	17
1) Câblage et connectique	17
2) L'alimentation	19
3) Les données audio et les informations envoyées par le microphone	20
4) La commande des paramètres	22
5) Synchronisation	25
IV/ UTILISATIONS POSSIBLES A L'AVENIR	27
1) Architecture d'un studio	27
2) Utilisation en sonorisation	29
CONCLUSION	30
SOURCES, BIBLIOGRAPHIE	31

INTRODUCTION

Depuis le début des années 80, le développement des technologies audionumériques a provoqué de nombreux progrès dans les milieux du son, que ce soit en améliorant la qualité de restitution des sources sonores, en rendant une grande partie du matériel accessible à un plus grand nombre de personnes ou de structures, ou bien encore en augmentant les possibilités de traitement et de création sonores.

Cependant, ces avancées technologiques n'ont pas encore atteint le niveau suffisant – l'atteindront-elles un jour ? – pour que le matériel numérique remplace totalement les machines analogiques dans les studios d'enregistrement et les salles de spectacle.

Malgré tout, les tentatives pour s'approcher d'une chaîne audio intégralement numérique se poursuivent, et l'on assiste depuis peu à l'apparition de micros et d'enceintes ou d'amplificateurs numériques – la captation et la diffusion étant les deux extrémités de la chaîne.

Les enceintes numériques (il s'agit d'enceintes embarquant un amplificateur dit numérique) étant déjà, dans une certaine mesure, répandues sur le marché, car leur conception est bien plus aisée que celle des micros numériques, ce dossier s'attachera uniquement à décrire le principe et le mode de fonctionnement de ces derniers, encore très rares dans le commerce.

I / RAPPEL THÉORIQUE

L'objectif de ce chapitre est de poser les bases de la numérisation du signal sonore, afin d'en apercevoir les avantages et les inconvénients, et d'aborder des notions utiles pour la suite de la lecture.

I.1) Le son analogique

Sous sa forme acoustique, le son, ou onde sonore, est une oscillation mécanique de pression qui se propage dans un milieu matériel. Le transfert d'énergie s'opère par un petit déplacement alternatif de la matière du milieu (par exemple les molécules d'air), mais le milieu ne se déplace pas globalement.

L'objet ou le phénomène physique qui produit un son est appelé source sonore.

L'onde générée par cette source possède diverses caractéristiques : sa période T (durée, de l'ordre de la milliseconde, au bout de laquelle le signal correspondant à l'onde, se reproduit identiquement), sa fréquence f (nombre de cycles effectués par le signal en une seconde, exprimé en Hertz) – à noter que $f = 1/T$ –, et son amplitude (qui traduit la variation de pression, qu'on donne en pascal).

Le rôle d'un microphone est de capter cette onde sonore et de la transformer en un signal électrique de même fréquence (ou de même période, c'est équivalent) et d'amplitude (qu'on mesure en volts à présent) proportionnelle. On parle alors de signal analogique, puisque la fréquence et la variation de l'énergie de l'onde sont conservées – l'onde électrique est de forme analogue à celle de l'onde sonore.

Le signal peut alors être propagé le long de câbles électriques et subir toutes sortes de traitements.

Le niveau électrique de sortie d'un microphone étant très faible (de l'ordre de la dizaine de millivolts), le signal émis est très sensible aux parasites de type hertzien ou inductif, qui apparaissent au niveau des câbles le transportant. Ces parasites engendrent le plus souvent l'apparition d'un bruit de fond superposé au signal utile. Pour les éviter, ou tout du moins les réduire, on utilise du câblage symétrique et blindé.

Le signal du microphone est véhiculé le long de ce type de câble jusqu'à un préamplificateur, dont le rôle est d'augmenter son amplitude jusqu'à lui faire atteindre un niveau normalisé (de l'ordre du volt), ce qui le prémunit davantage contre les parasites et facilite son transport.

Malheureusement, comme tout dispositif électronique, le préamplificateur, et tous les étages de traitement que va traverser le signal, est lui-même générateur de bruit de fond.

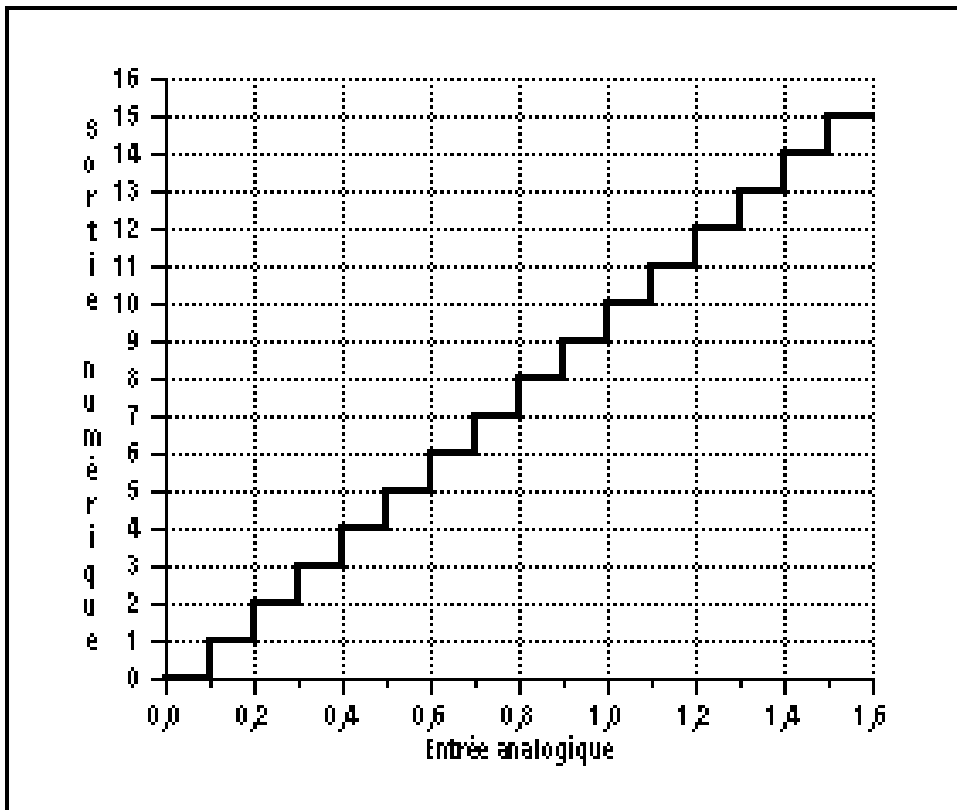
Ainsi, le signal sortant d'une chaîne de prise de son analogique est la somme du signal original émis par le micro et du bruit de fond généré par chaque appareil traversé.

On juge alors de la qualité d'une machine analogique par son niveau de bruit, qui est directement lié à la qualité des composants électroniques de l'appareil. Bien entendu, meilleure est la qualité de ces composants, plus le coût financier est important.

I.2) La conversion analogique/numérique

Un signal analogique est un signal électrique continu dans le temps, pouvant prendre une infinité de valeur au sein de sa plage de variation.

La numérisation consiste à mesurer la valeur du signal à intervalles de temps réguliers (c'est l'échantillonnage) puis à faire correspondre une échelle de valeurs fixées, étalées sur toute la plage de variation, aux intervalles de tension d'entrée (c'est la quantification – voir la figure suivante). Cette échelle de valeurs est codée sous forme binaire (ex : $18_{b10}=10010_{b2}$) et traduite par un signal électrique discontinu (un signal carré) possédant un niveau haut pour coder les « 1 » (ex. 2 V) et un niveau bas pour les « 0 » (ex. 0 V)



Exemple de fonction de transfert d'un convertisseur analogique/numérique.

Ce schéma représente la fonction de transfert d'un convertisseur analogique/numérique, à savoir le code numérique de sortie en fonction de la tension d'entrée. On y voit clairement les plages de tension associées à un état numérique de sortie.

Contrairement à l'échantillonnage, dont la fréquence – c'est-à-dire le nombre de mesures effectuées chaque seconde – détermine la bande passante du signal et n'entraîne pas de perte d'information quant à sa composition spectrale, la quantification induit une erreur puisqu'elle consiste à approximer la valeur de l'échantillon à la plus proche valeur sur l'échelle. Cette erreur se caractérise par un bruit de fond, correspondant à la différence entre le signal entrant et le signal numérisé.

L'amplitude de ce bruit de fond est au maximum égale à l'intervalle séparant deux pas de quantification. Pour la réduire il suffit de diminuer l'écart entre les échelons et d'augmenter leur nombre, c'est-à-dire augmenter la résolution, ce qui a pour effet d'accroître la quantité d'informations à transmettre.

Aujourd'hui, on code le plus souvent avec une résolution de 16 ou 24 bits (en 24 bits, le bruit de quantification peut être négligé), c'est-à-dire avec, respectivement, 65536 ou 16777216 pas de quantification, et à une fréquence d'échantillonnage de 44.1kHz ou 48kHz, même si l'on commence à voir apparaître des systèmes dits « HD » fonctionnant à 88.2kHz ou 176.4kHz.

I.3) Le son numérique : ses qualités et ses défauts par rapport à l'analogique. L'intérêt potentiel d'un micro numérique

Le problème posé par la numérisation revient donc à peu près au même que celui posé en analogique, l'apparition d'un bruit de fond.

Néanmoins, une fois numérisé, le signal audio ne peut théoriquement plus subir de dégradation ; en effet, la forme du signal électrique le véhiculant n'est plus liée directement à la forme de l'onde sonore originale. Le signal numérique peut donc subir les mêmes dégradations que le signal analogique (parasitage voire même filtrage dans les câbles, bruit de fond s'ajoutant lors de la traversée de chaque appareil) sans que l'information qu'il transporte n'en soit altérée. On n'a alors même plus besoin d'utiliser des composants électroniques haut de gamme, ce qui a pour intérêt de réduire les coûts des appareils.

Ceci étant, cet avantage n'est réel que si la plus grande partie du cheminement du signal est numérique, car toute reconversion vers l'analogique puis encore vers le numérique, et ainsi de suite, augmente la quantité d'erreur de quantification, donc de souffle ajouté au signal.

Qui plus est, la qualité de restitution d'un convertisseur peut être très variable d'un modèle à l'autre, notamment suivant la précision de l'horloge qui le commande. En termes de bruit de quantification, les convertisseurs 24 bits actuels sont extrêmement performants.

L'intérêt d'une chaîne audio intégralement numérique (ou presque) réside dans le fait que le trajet parcouru par le signal sonore sous forme analogique est considérablement réduit et en distance, et en nombre de composants le dégradant. En plaçant le convertisseur juste derrière la capsule du microphone, on pourrait arriver à des niveaux de bruit de fond encore jamais atteints.

II/ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET TECHNOLOGIES

L'idée de base est la suivante : convertir le signal le plus prêt possible de la capsule afin de profiter au mieux de sa plage dynamique (supérieure à 130 dB pour une capsule électrostatique) et réduire le niveau de bruit de fond à un point tel qu'on peut le négliger pour de bon.

Fabriquer un microphone numérique est en apparence simple (il s'agit de placer le convertisseur analogique/numérique dans le corps du micro), mais les choix des constructeurs divergent quant à la mise en œuvre de leurs systèmes.

En effet, il existe différentes raisons pour lesquelles la technique consistant à disposer un préamplificateur et un convertisseur juste après la capsule ne fonctionne pas très bien.

Tout d'abord, une capsule de microphone électrostatique possède une dynamique d'au moins 130dB, tandis que celle d'un convertisseur 16 bits est d'au mieux 98dB. La plage dynamique qui doit être convertie dépend complètement du type de la source sonore, et notamment de son niveau. C'est pourquoi les consoles d'enregistrement sont équipées de potentiomètres de gain, fonction non disponible – a priori – sur un microphone numérique.

Ensuite, il y a le problème de l'horloge, car tous les convertisseurs doivent être synchronisés. Il faut donc trouver une solution pour faire remonter le signal d'horloge au micro. Bien entendu, il est possible d'asservir tous les éléments de la chaîne numérique au micro, mais cela ne fonctionne que si l'on en utilise qu'un seul. Autrement, il est possible de ré-échantillonner en sortie de console, en laissant les différents signaux parcourir leur chemin désynchronisés, mais cela requiert un certain temps de latence, qui peut entraîner des problèmes de phase et de délais.

Enfin, le microphone obtenu n'est pas totalement numérique. Le convertisseur et, essentiellement, le préamplificateur possèdent des imperfections dues à leurs parties analogiques. Qui plus est, la plupart des convertisseurs actuels ont au mieux une résolution de 24 bits, et le plus souvent seulement sur le papier. Il est donc très dur de rivaliser voire de dépasser les capacités d'un microphone à condensateur.

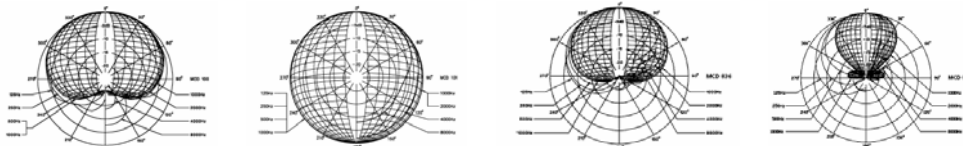
À l'heure actuelle, seules deux marques, Beyerdynamics et Neumann, proposent dans leur gamme un ou plusieurs modèles de micros numériques.

II.1) Beyerdynamic MCD : les pionniers



MCD 100/101 et MCD 837 et 836

Beyerdynamic possède quatre modèles de microphones numériques : les MCD 100, 101, 836 et 837, sortis sur le marché en 1999, et différenciés par leur directivité (elle est toujours fixe) et leurs d'applications. Les MCD 100 et 101 sont respectivement cardioïde et omnidirectionnel, et se destinent à la prise de voix ou d'instruments de musique avec leur membrane de 40mm. Les MCD 836 et 835, quant à eux, sont respectivement cardioïde et hypercardioïde, ont été conçus davantage pour la prise de son télé/cinéma, et possèdent une membrane de 21mm.



Directivités des MCD 100, 101, 836 et 837

Tous fonctionnent suivant le même principe et embarquent la même technologie. Il s'agit de microphones électrostatiques abritant un préamplificateur à gain fixe suivi d'un convertisseur analogique/numérique 24 bits Delta/Sigma (la conversion s'opère en 22 bits) et offrant à leur sortie un signal à la norme AES-EBU (AES 3), où un seul des deux canaux est utilisé. Les MCD 100 et 101 possèdent un atténuateur de -10 ou -20 dB placé avant le préamplificateur. Derrière le convertisseur se trouve un circuit DSP fonctionnant en 32 bits, contrôlant le gain numérique du signal et une éventuelle courbe d'égalisation contenue dans une mémoire EEPROM adjacente.

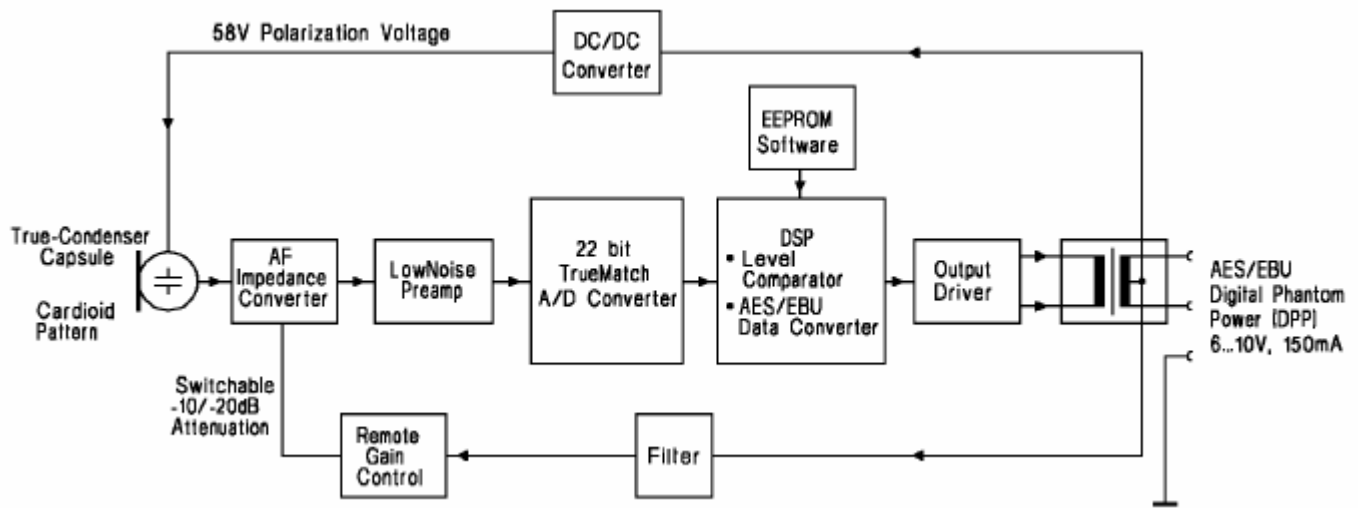


schéma de câblage des micros MCD

Ces microphones nécessitent une alimentation électrique fournissant 6 à 10 volts et 150 milliampères, appelée Digital Phantom Power (DPP), et fournie par un boîtier d'alimentation externe, afin de polariser la membrane et assurer le fonctionnement de l'électronique, Beyerdynamic propose pour ses microphones numériques une gamme de boîtiers, allant de deux à huit entrées (MPD 50, 100, 200, 300 et 800) et offrant une sortie AES-EBU pour chaque paire d'entrées MCD. Le MPD 800, qui peut recevoir huit signaux de micros numériques, offre même une sortie ADAT supplémentaire.

Ces alimentations ne se contentent pas de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'électronique du micro, elles assurent également la synchronisation en horloge des convertisseurs des différents micros qui y sont câblés – certaines possèdent une entrée wordclock leur permettant d'être esclave d'une horloge externe – et combinent par deux les signaux provenant de ces micros pour délivrer un signal AES-EBU bicanal.

La fréquence d'échantillonnage par défaut est de 48 kHz et ne peut être modifiée lorsque le boîtier est maître en horloge, mais l'utilisation d'une source de synchronisation externe permet le passage aux fréquences de 32 et 44,1kHz grâce à un convertisseur de fréquence d'échantillonnage. Pour asservir l'horloge d'un MPD, il est nécessaire d'ouvrir son boîtier et de changer la position de cavaliers, ce qui ne se révèle pas très pratique à l'usage.

On trouve également sur les boîtiers 200 à 800 un réglage de gain de -10, 0dB et jusqu'à +36dB par pas de qui contrôle l'atténuateur précédant convertisseur et la fonction de gain numérique.

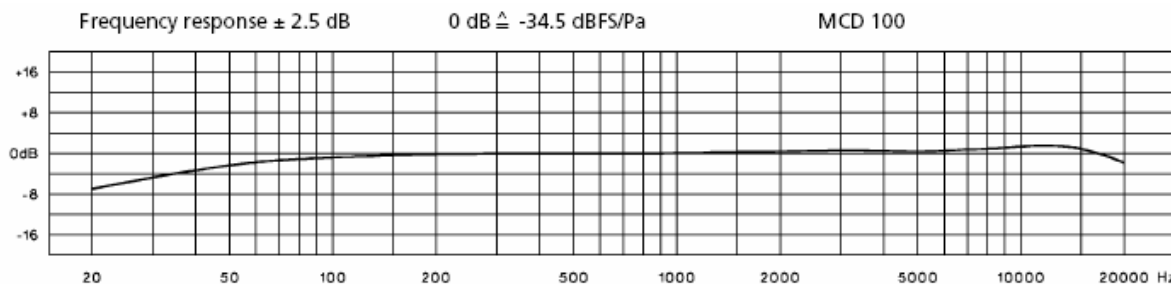


MPD 20, -6dB, le

Le boîtier d'alimentation joue donc le rôle de télécommande. Pour envoyer les informations d'atténuation ou de gain au microphone, des impulsions positives sont ajoutées à la tension continue d'alimentation. L'interface développée par Beyerdynamic est donc à « double sens », puisqu'elle véhicule un flux audio dans une direction et des données de commande dans l'autre. Les MCD 100 et 101 acceptent une pression acoustique maximale de 130dB_{SPL} (150dB_{SPL} avec 20dB d'atténuation), c'est-à-dire que 130dB_{SPL} entraînent un niveau de sortie de 0dB_{FS}. Si une

pression supérieure vient à apparaître, un dispositif de limitation, situé au niveau de l'atténuateur, se met en fonction, ce qui empêche l'écrêtage numérique du signal.

La courbe de réponse des MCD est assez plate entre 40Hz et 15kHz et fait penser à la courbe de réponse d'un micro de mesure. Aussi Beyerdynamic proposent-ils de créer des cartes EEPROM à insérer dans le microphone et contenant une courbe de réponse personnalisée.



Courbe de réponse du MCD 100

Les micros MCD 100 et 101 possèdent une dynamique de 115dB_A, avec un bruit de fond propre de 15dB_A, nettement supérieur à celui d'un « bon » micro statique. Toutefois, il faut rappeler que Beyerdynamic a été le premier constructeur à produire un micro numérique à grande échelle, et une avancée technologique telle ne peut être que félicitée.

Le système MCD/MPD coûte environ 4000€ (le microphone MCD 100/101 vaut 2500€, quant au boîtier d'alimentation MPD 200, il revient à 1500 €). Il faut compter environ 900€ pour une carte EEPROM contenant une égalisation personnalisée.

II.2) Neumann SOLUTION-D : un aboutissement ?



Le système Neumann Solution-D se compose de trois éléments : le microphone numérique D-01, l'interface numérique DMI-2, et le logiciel de télécommande Remote Control Software (RCS). Le système Solution-D se conforme à la norme AES 42-2001 (exposée plus loin), qui décrit comment la transmission du flux audionumérique, l'alimentation du microphone et la commande à distance des fonctions et paramètres courants doivent être réalisées. Neumann a été partie prenante dans l'élaboration de cette norme.

II.2.a) Le Microphone D-01



Avec la Solution-D, Neumann propose une approche innovante de la conversion du signal électrique émis par une capsule, puisqu'elle ne repose pas sur l'utilisation d'étages analogiques. Le signal analogique est converti juste après la capsule.

Pour assurer une plage de conversion englobant toute la dynamique d'une capsule à condensateur, deux convertisseurs Delta/Sigma sont employés. Ils se partagent alors la dynamique du signal. La capsule alimente, d'une part, le premier convertisseur via un réseau non linéaire, transparent à haut niveau, et, d'autre part, un préamplificateur avec un gain de 24dB qui transmet le signal à un convertisseur dédié aux bas niveaux. Le préampli et le réseau non linéaire sont inclus dans une boucle de régénération assurant que, quelle que soit l'imprécision du réseau, toute partie du signal qui n'a pas été envoyée au convertisseur hauts niveaux sera fatalement envoyée au convertisseur bas niveaux.

Les sorties des deux convertisseurs sont ensuite additionnées, la sortie des hauts niveaux étant noise-gatée. Les deux convertisseurs sont en fonction en permanence, ce qui a pour avantage d'éviter les distorsions qui résulteraient

d'une alternance entre les deux convertisseurs. Le signal résultant est codé sur 28 bits et possède donc une dynamique bien supérieure à 130dB_A.

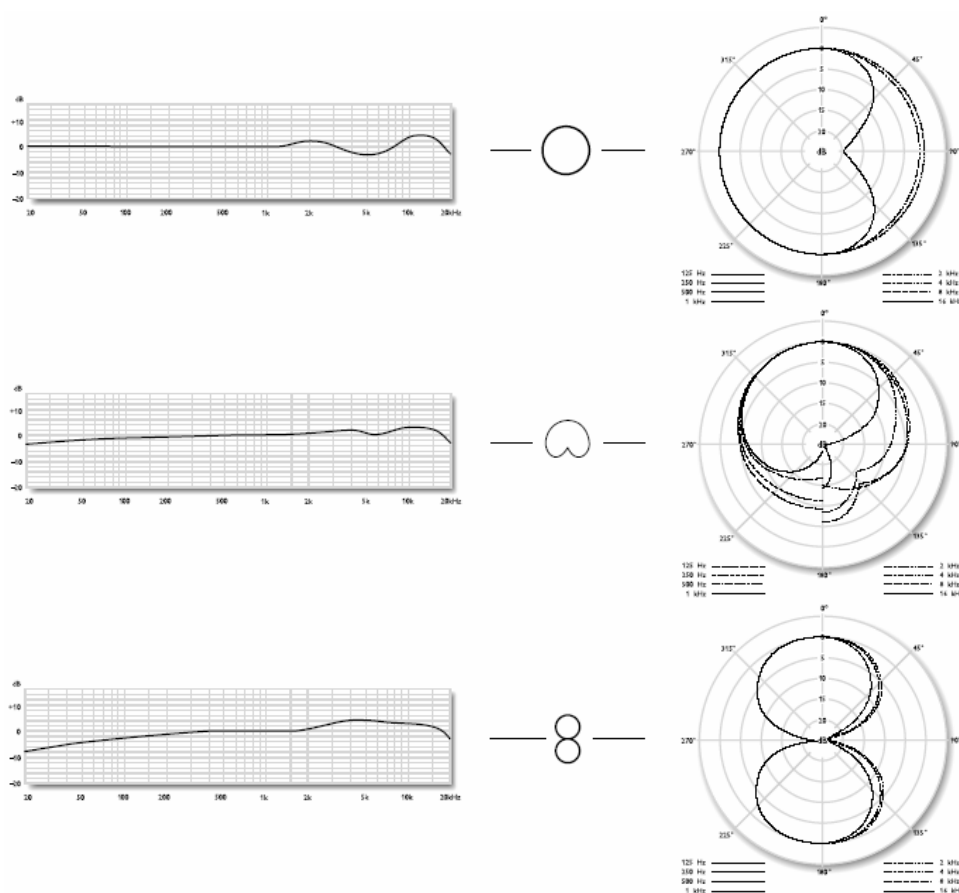
Le signal numérique est ensuite traité par un FPGA (Field Programmable Gate Array) intégré au microphone. Cette unité de traitement réalise numériquement des opérations telles que le choix de la directivité, le niveau de pré-atténuation (0 dB, -6 dB, -12 dB ou -18 dB), la mise en fonction et le réglage de la fréquence du filtre coupe-bas (40 Hz, 80 Hz ou 160 Hz), le gain de préamplification – qui est en réalité un gain numérique – (de 0 à 63dB par pas de 1dB), la limitation du signal, ou encore l'inversion de phase, et peut être télécommandée. Le logiciel installé dans le microphone peut être mis à jour, ce qui permet d'envisager des extensions à la gamme de fonctions qu'il réalise déjà.

Le D-01 peut fonctionner aux fréquences d'échantillonnage de 48/96 kHz et 44.1/88.2 kHz et est synchronisable par une horloge externe ou bien générée par l'interface DMI-2 (vue ci-après).

Le microphone est équipé d'un connecteur XLR 3 broches, à travers lequel est envoyé le flux audio et sont reçus le DPP (Digital Phantom Power) et les données de télécommande.

La capsule du D-01, quant à elle, possède deux diaphragmes dorés de 30mm de diamètre et est suspendue sur ressorts. Sa directivité peut être réglée à l'aide du logiciel RCS, suivant 15 diagrammes polaires différents, allant de l'omni au bidirectionnel en passant par le cardioïde.

Sa courbe de réponse en fréquence varie sensiblement suivant la directivité choisie et est nettement moins plate que celle du MCD 100. Elle rappelle d'ailleurs les courbes de réponses des micros de la série TLM.



Variations de la courbe de réponse du D-01 en fonction de la directivité choisie

II.2.b) L'interface numérique DMI-2



Les microphones D-01 peuvent être connectés directement à n'importe quel appareil à la norme AES 42-2001. Ces appareils n'étant pas encore très répandus, il est nécessaire d'utiliser l'interface numérique DMI-2, qui convertit deux signaux AES 42 au format AES-EBU, et transmet, sur ces deux mêmes canaux, les informations destinées aux microphones (configuration du micro et synchronisation) et l'alimentation DPP.

L'alimentation fantôme numérique fournit 10 V sous 250 mA au maximum. Les informations de télécommande du micro sont transmises à la cadence de 750 bits par seconde sous la forme d'impulsions électriques s'ajoutant à la tension continue de l'alimentation.

Pour assurer le fonctionnement du système, l'interface DMI-2 se connecte, via un port USB, à un ordinateur sur lequel tourne le logiciel RCS, auquel elle transmet les informations de statut reçues du microphone. Si un grand nombre de logiciel de micros sont utilisés simultanément, il est possible de câbler les interfaces en cascade en affectant à chacune, dans RCS, une adresse distincte – un peu à l'image d'un réseau d'ordinateurs.



En plus d'une entrée et d'une sortie wordclock, l'interface DMI-2 possède également son propre générateur d'horloge, capable de fonctionner aux fréquences d'échantillonnage de 44.1, 48, 88.2 et 96 kHz.

Deux modes de synchronisation des convertisseurs des microphones avec les récepteurs sont définis par la norme AES 42. Dans le premier, le microphone utilise la fréquence d'échantillonnage de son quartz interne – qui peut elle aussi prendre les différentes valeurs citées précédemment –, et un convertisseur de fréquence déchantillonnage est nécessaire à la réception du signal (en raison de la qualité actuelle de ce type de convertisseur, ce mode résulte le plus souvent en une perte de dynamique sur le signal et un temps de latence accru). Dans le deuxième mode, le microphone reçoit un signal de synchronisation de l'interface (ce signal est véhiculé le long de la liaison AES-42). Pour réaliser cela, l'interface effectue une comparaison de phase entre le signal d'horloge qu'elle génère (ou qu'elle reçoit d'une source de synchronisation externe) et l'horloge du microphone, transmise avec le flux audio (compatibilité AES oblige). En fonction du résultat de cette comparaison, l'interface indique au VCO (Voltage Controlled Oscillator – oscillateur à quartz dont la fréquence est contrôlée par une tension) du microphone, à l'aide d'un signal binaire, s'il lui faut accélérer sa cadence ou bien la ralentir. Ce système de synchronisation consiste en un PLL

(Phased-Locked Loop – boucle calée en phase) dont la sortie serait numérisée pour atteindre le VCO.

Le signal de synchronisation fait partie intégrante, à l'instar des indications de gain ou de directivité, du flux de données allant de l'interface vers le microphone. Cette méthode est très fiable et entraîne seulement des amplitudes négligeables de jitter (fluctuation de la fréquence d'échantillonnage), à condition que l'horloge source soit de bonne qualité.

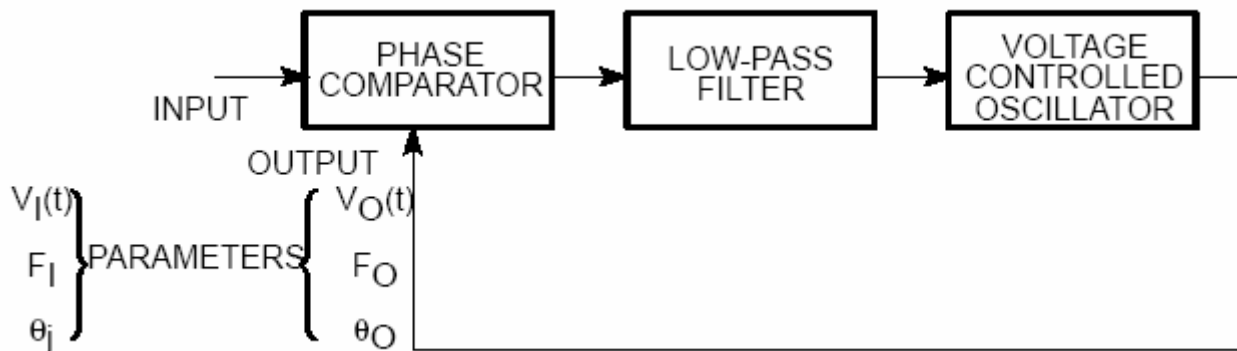


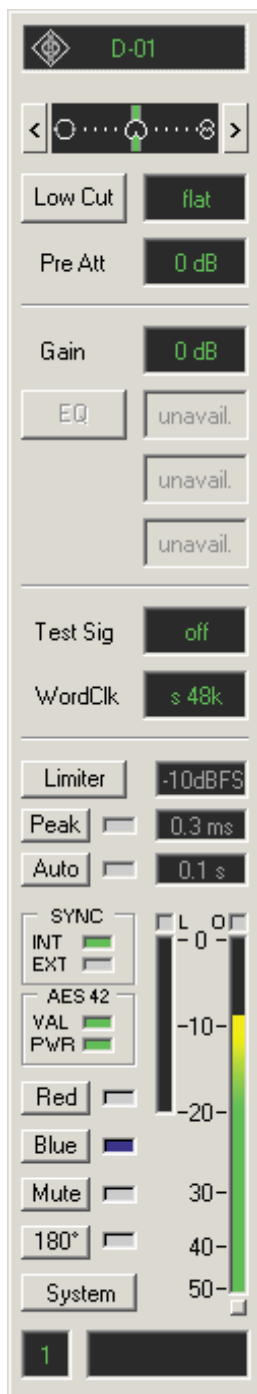
schéma d'un circuit PLL (Phased-Locked Loop)

Les signaux présents aux sorties AES- EBU de l'interface DMI-2 varient suivant le mode de synchronisation utilisé :

Mode de synchronisation	Mode 1 (asynchrone)	Mode 2 (synchrone)
Sortie 1	Canal 1 et 2 : Micro 1	Canal 1 : Micro 1 Canal 2 : Micro 2
Sortie 2	Canal 1 et 2 : Micro 2	Canal 1 : Micro 2 Canal 2 : Micro 1

Les entrées AES 42, comme les sorties AES-EBU, sont au format de connecteurs XLR 3 points. Le type de câbles nécessaire aux connexions micro / interface est le même que celui utilisé sur une connection AES-EBU ordinaire, à savoir de la paire torsadée symétrique d'impédance normalisée 110 ohms. Cela permet d'envisager de tirer des lignes pour des microphones numériques longues de plusieurs centaines de mètres.

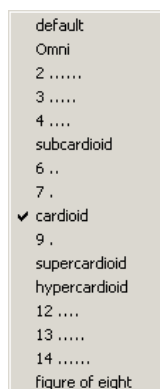
II.2.c) Le logiciel RCS (Remote Control Software)



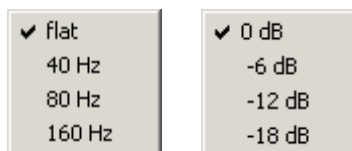
Le but du logiciel RCS est de pouvoir contrôler à distance les paramètres d'un microphone numérique répondant à la norme AES 42. Ce programme fonctionne sur plateformes Mac et PC. Il se présente sous la forme d'une ou plusieurs tranches de console et affiche à l'écran tous les paramètres modifiables du micro, c'est-à-dire la directivité, la pré-atténuation, le filtre coupe-bas, la préamplification, divers indicateurs de son statut, ainsi que les fonctions de mute et d'opposition de phase. Le niveau du signal entrant est visible sur un VU-mètre. Le logiciel indique également les informations additionnelles transmises par le microphone, telles que le nom du fabricant ou le numéro de série. De plus, il est possible d'ajouter des notes personnelles (ex. l'instrument ou le placement du micro), et, bien entendu, de sauvegarder la configuration du logiciel pour arrêter puis reprendre sa séance d'enregistrement.

Au démarrage du logiciel, le microphone se voit appliquer les réglages d'usine : directivité cardioïde, coupe-bas désactivé et gain de 0 dB, à moins que l'on ne recharge une session enregistrée préalablement.

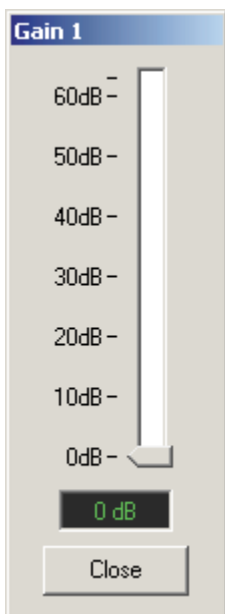
En cliquant sur un paramètre affiché, on ouvre un menu contextuel correspondant :



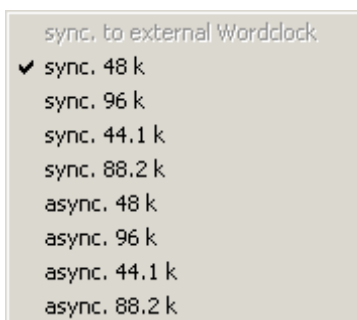
Le choix de la directivité se fait en choisissant parmi 15 diagrammes polaires allant de l'omni au bidirectionnel en passant par les cardioïdes. Bien qu'elles ne portent pas toutes un nom prédéfini, la totalité des 15 directivités est disponible.



Le filtre coupe-bas laisse le choix entre trois fréquences de coupure, de même que le pré-atténuateur, qui offre trois niveaux d'atténuation.



Le gain numérique peut être réglé de 0 à 63 dB par pas de 1 dB.

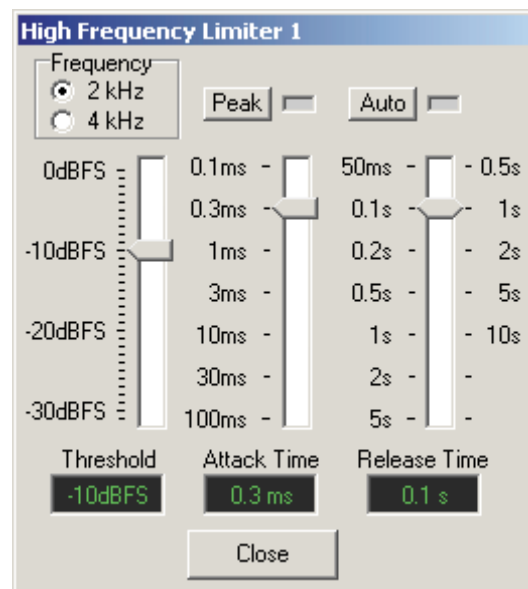


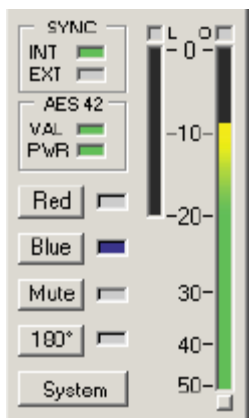
Pour chaque fréquence d'échantillonnage supportée par le système, les modes synchrone (mode 2) et asynchrone (mode 1) sont disponibles.

Le logiciel RCS dispose d'un limiteur de hautes fréquences, dont on peut régler la fréquence de mise en action (2 ou 4 kHz), le seuil (de 0 à -30 dB_{FS} par pas de 1 dB), le temps d'attaque (compris entre 0.1 et 100 ms) et le temps de relâchement (compris entre 50 ms et 5s).

Ce limiteur possède un mode automatique, dont le but est de définir un deuxième temps de relâchement (cette fois compris entre 0.5 et 10s) qui prendrait effet lorsque le limiteur est continuellement mis en action.

En addition du limiteur « traditionnel », cette fonction offre également un limiteur de crêtes, dont le temps d'attaque est négatif (c'est-à-dire que le signal est retardé afin d'être traité) et celui de relâchement environ égal à 1 ms. Cette fonction a été prévue afin d'éviter la saturation numérique sur des transitoires de niveau élevé.

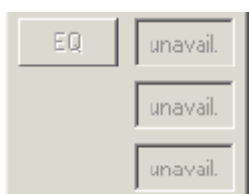
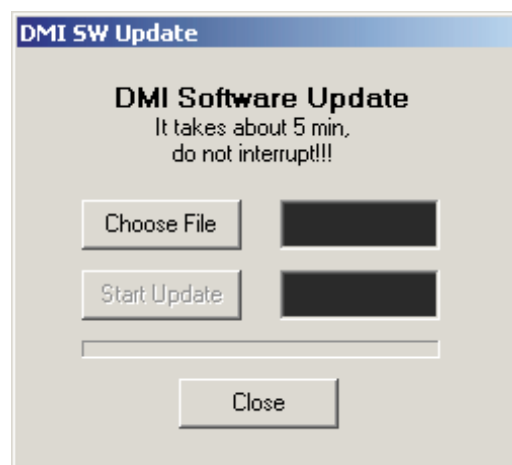




On peut voir affichées dans le RCS des données comme le mode de synchronisation choisi (INT ou EXT suivant que c'est l'interface DMI-2 qui génère l'horloge ou bien qu'elle la reçoit), ou encore le bon fonctionnement de la liaison AES 42 (VAL s'éclaire lorsque un flux de données valides en provenance d'un microphone est détecté, et PWR est activé lorsque l'alimentation DPP est fournie).

Le bargraphe « L » indique le niveau d'atténuation appliqué par le limiteur. Les commandes « Red » et « Blue » permettent d'allumer ou d'éteindre les deux diodes rouge et bleue présente sur le micro (la diode bleue étant le témoin de mise en fonction du micro et la rouge étant prévue pour faire office de voyant « ON AIR »). Le bouton « Mute » sert à couper le signal d'un microphone, le bouton « 180° » à inverser sa polarité.

Le logiciel RCS peut être mettre à jour très facilement le logiciel contenu dans le micro, grâce à une fonction contenue dans le menu System, ce qui peut se révéler très utile si l'on part du principe que la microphonie numérique est à même de se développer davantage dans les années qui viennent, et donc de voir apparaître de nouvelles fonctionnalités.



La fonction d'équalisation n'est pas encore disponible sur le système Solution-D, mais est prévue par la norme AES 42.

III/ LA NORME AES – 42

La norme AES 42-2001 (à la conception de laquelle Neumann a apporté une grande contribution) définit la façon dont un microphone numérique et une interface de réception doivent communiquer, tant du point de vue du flux audio (du micro vers le récepteur) que de celui de l'alimentation électrique et des informations de commande (du récepteur vers le micro). Elle dérive de la norme AES-EBU. La technologie et les concepts employés étant nouveaux, l'apparition d'un standard – qui se garde bien de se présenter comme étant définitif – permettra de cadrer le développement futur de la microphonie numérique, tout en lui laissant des ouvertures à de nombreux niveaux.

Le système Solution-D de Neumann est le seul à répondre à cette norme, la série MCD de Beyerdynamic ayant été développée avant son apparition.

À long terme, ce standard pourrait équiper les étages d'entrée de consoles numériques ou d'enregistreurs portatifs (de type DAT), afin d'éviter l'utilisation d'interfaces et de logiciels encombrants et onéreux, en donnant accès à toutes leurs fonctionnalités.

III.1) Câblage et connectique

Le câblage nécessaire à une liaison AES 42 est le même que pour une liaison AES-EBU. Il s'agit de paire symétrique blindée dont l'impédance est fixe et normalisée à 110 ohms.

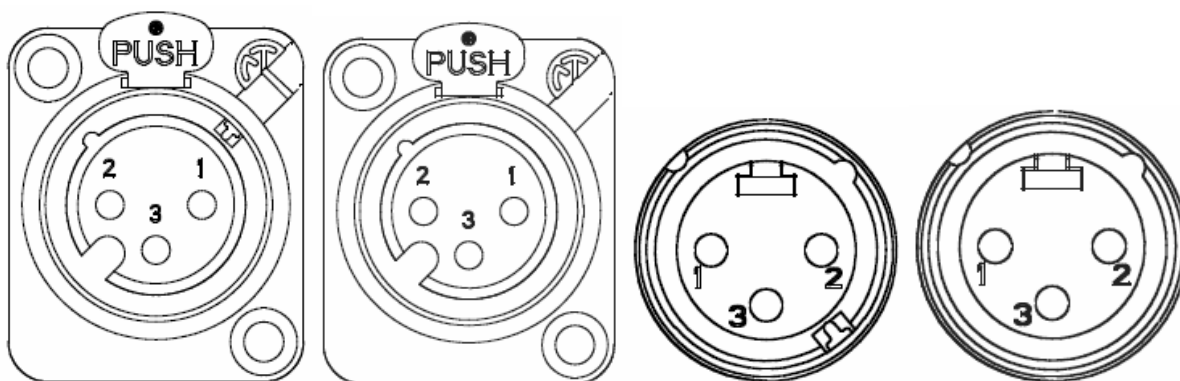
De même, le connecteur XLR qu'on utilise sur toutes les connexions AES-EBU a été conservé.

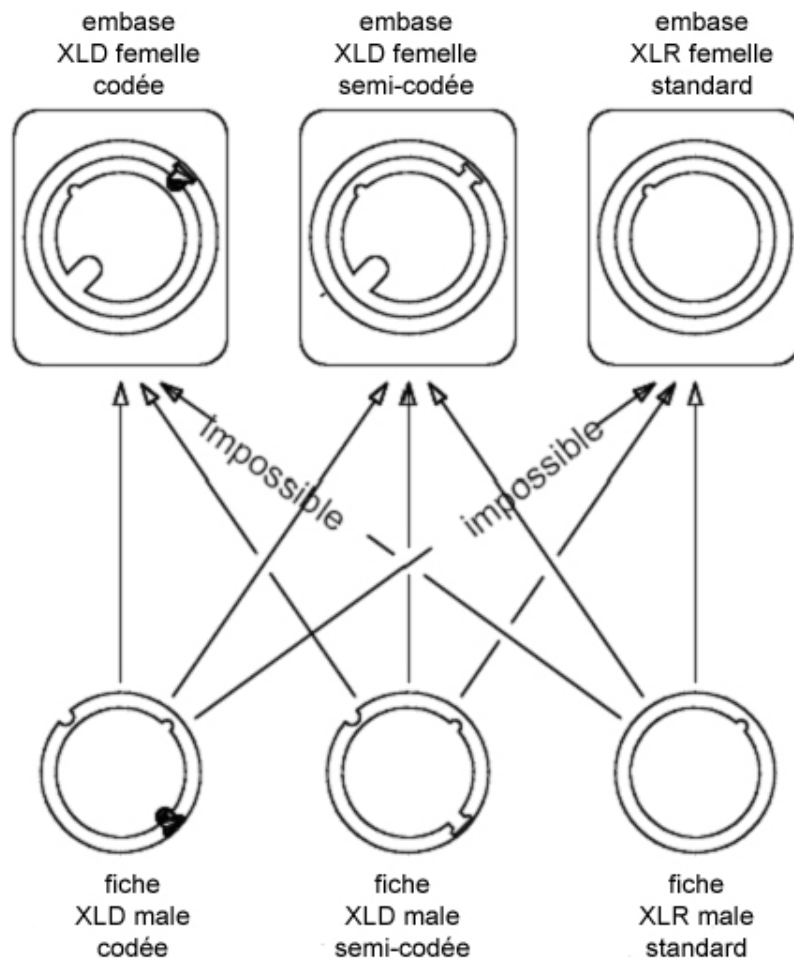
Toutefois, la norme AES 42 prévoit de se prémunir contre d'éventuelles confusions entre les domaines analogiques et numériques, autant pour éviter les manipulations inutiles dues au choix d'un câble non adapté que pour empêcher les possibles détériorations résultant de la connexion de deux appareils n'appartenant pas au même domaine.

Ainsi, elle introduit la possibilité d'utiliser le connecteur XLD. Il s'agit d'un connecteur XLR auquel ont été ajoutées une rainure et la possibilité d'insérer une clé de codage : le connecteur femelle est équipé d'une rainure placée entre les contacts 2 et 3 (points chaud et froid), et l'on peut l'équiper d'une clé de codage que l'on place à l'opposé de la rainure. L'insertion de la clé se fait à travers le châssis du connecteur.

Le connecteur mâle est équipé d'une rainure coïncidant avec la clé optionnelle du connecteur femelle, et l'on peut lui ajouter de même une clé, qui s'aligne avec la rainure du connecteur femelle.

Les connecteurs XLD équipés de clés sont appelés « codés ». Sans clé, ils sont dits « semi-codés ».

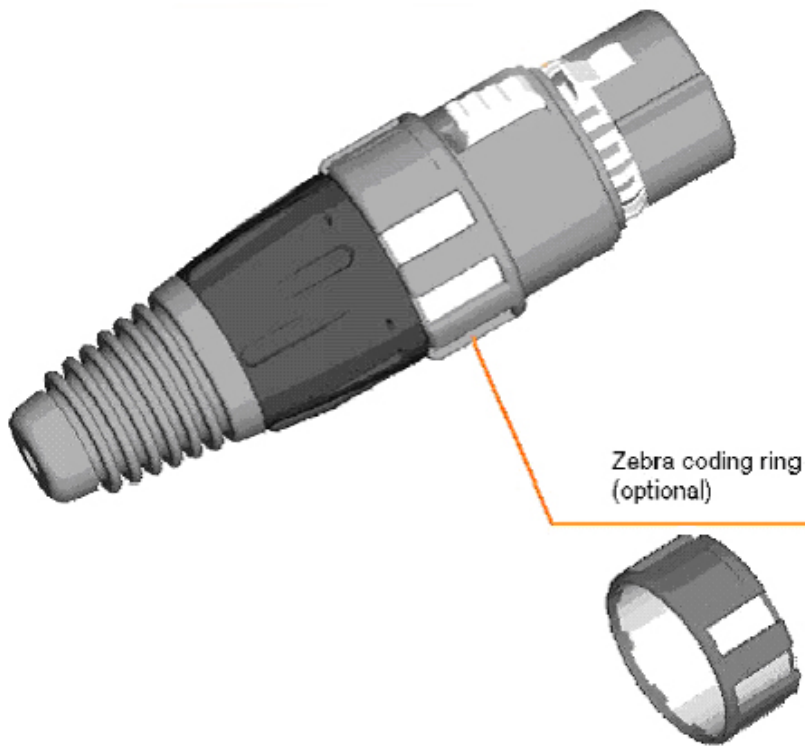




La compatibilité entre XLD et XLR varie suivant le type de connecteur : ainsi, le XLD codé et le XLR sont totalement incompatibles, alors qu'un connecteur XLD semi-codé peut être connecté aux deux autres types.

Cela permet d'avoir des câbles équipés de connecteurs adaptés à l'utilisation que l'on souhaite en faire, mais oblige à diversifier leur type et à multiplier leur quantité dans son parc de matériel, ce qui peut devenir onéreux et compliquer sa gestion.

La norme AES 42 préconise également un repérage particulier des connecteurs XLD et, plus généralement, des connecteurs équipant des câbles numériques, afin de les différencier des connecteurs XLR ordinaires et du câblage analogique. Ce codage visuel – une bague zébrée de blanc et de noir (afin de faciliter son identification dans des conditions d'éclairage faible) – et tactile – la bague est rugueuse et bosselée – indique que le câble qui en est porteur ne doit véhiculer que du signal numérique, qu'il est susceptible de véhiculer une alimentation, et que l'électronique qui lui est associée ne peut être endommagée si l'alimentation est faite suivant le standard décrit plus loin.



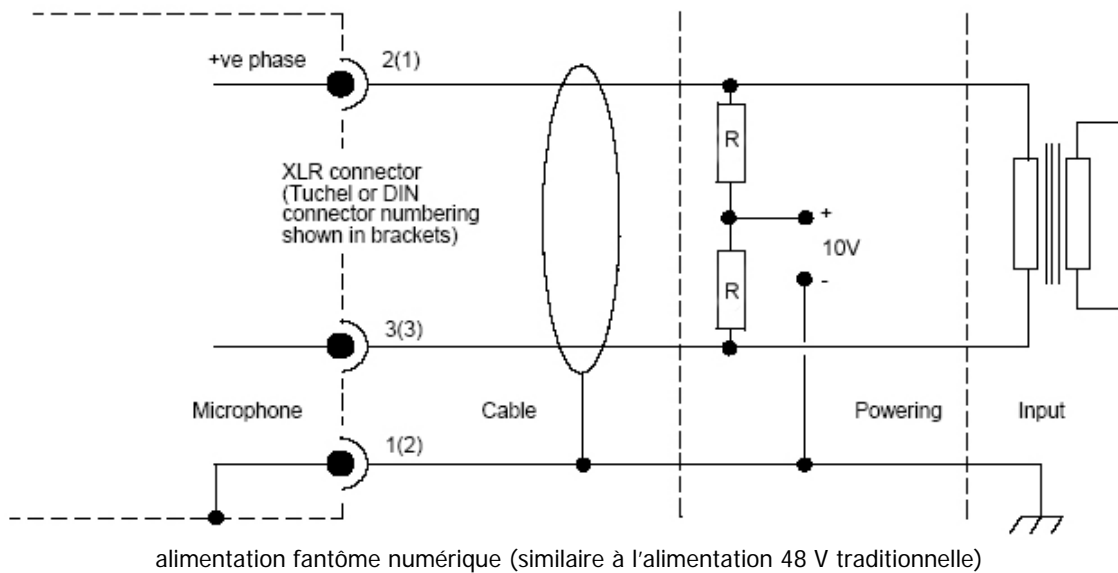
III.2) L'alimentation

Tout récepteur à la norme AES 42 doit être équipé d'une source d'alimentation fournissant au microphone une tension continue de 10 volts, appelée DPP (Digital Phantom Power – alimentation fantôme numérique), et dont les fluctuations n'excèdent pas 50 mV crête à crête afin de garantir le fonctionnement du système. En effet, une modulation supplémentaire de cette tension sert au transfert des données de télécommande du micro (vu plus loin).

La source de DPP peut fournir un courant de 300 mA. En regard, une alimentation fantôme 48 V classique fournit un courant d'environ 10 mA, ce qui traduit bien les besoins énergétiques d'un microphone numérique – il faut alimenter un convertisseur, un préamplificateur et encore une certaine quantité d'électronique (DSP, unités de traitement embarquées), et polariser la ou les membrane.

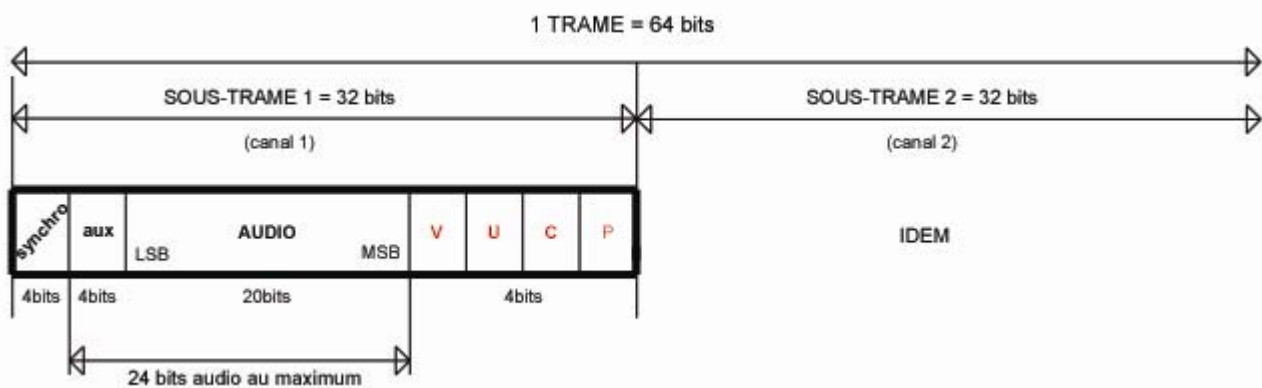
Un dispositif de protection contre les courts-circuits internes au câble équipe l'alimentation.

Le principe de transmission du DPP est le même que celui utilisé pour alimenter un microphone traditionnel en 48 V (voir schéma suivant), puisque que le câblage utilisé est symétrique, tout comme pour une liaison micro analogique.



III.3) Les données audio et les informations envoyées par le microphone

Le microphone envoie au récepteur un signal audio au format AES-EBU, format numérique pouvant véhiculer deux canaux audio multiplexés. Le signal s'organise sous forme de trames :



Une trame est constituée de 64 bits (soit 8 octets) et décomposée en deux sous-trames de 32 bits, codant chacune pour un canal audio. On trouve dans chaque sous-trame des bits de synchronisation, des bits auxiliaires, les bits audio, et quatre bits appelés V, U, C et P.

Note : le codage électrique utilisé transporte également l'information d'horloge.

Les quatre bits de synchronisation indiquent le début de sous-trame ; pour cela, ils utilisent un codage électrique différent du reste du signal, ce qui leur permet d'être distingués des autres bits. On dispose de 20 bits pour coder l'audio, auxquels peuvent s'ajouter les 4 bits auxiliaires si l'on veut amener la résolution à 24 bits. Ces quatre bits peuvent également servir à coder des informations quelconques, à condition que les appareils émetteurs et récepteurs les utilisent bien pour la même chose.

Le bit V code la validité du signal (audio ou non audio), le bit P est le bit de parité de la sous-trame (il permet d'éviter certaines erreurs de réception du signal, comme un 1 qui devient un 0, ou l'inverse). Le bit C indique le statut de voie, comme, par exemple, la résolution, le code de

détection et de correction d'erreurs, ou le codage choisi pour le signal. Le bit U permet de transporter des données personnelles (« user ») comme la date, le nom d'un morceau, etc.

Le signal AES-EBU est formaté en blocs de 192 trames. On dispose donc de 192 bits – soit 24 octets – pour coder les données « user », et d'autant pour les données de voies (bits C).

Si l'on utilise un microphone monophonique (les microphones numériques existant pour le moment ne sont que monophoniques), alors les deux sous-trames véhiculent la même information, et le statut de voie indique le mode « single-channel », ce qui permet au récepteur de savoir qu'il a affaire à deux signaux identiques.

Il est possible qu'à l'avenir les deux canaux du signal AES-EBU soient utilisés pour transmettre le signal de chaque membrane de la capsule indépendamment, ou bien encore, le signal traité par le DSP embarqué dans le micro d'une part, et le signal non traité d'autre part.

Un microphone numérique étant équipé d'outils informatiques, il lui est nécessaire de communiquer avec les appareils qui lui sont connectés.

Ainsi, les données user du signal AES-EBU sont utilisées pour transmettre au récepteur le statut du microphone, c'est-à-dire l'état dans lequel se trouvent tous ses paramètres (qu'ils soient modifiables ou pas). Ces paramètres sont classés en trois pages : la page des **statuts** à proprement parler (page 0), qui indique la configuration et l'état du microphone, la page d'**identification** (page 1), où sont indiqués la marque du constructeur et le modèle du micro, et la page de **révision** (page 2), qui fournit la version des parties matérielles et logicielles. Il existe un page 3, mais elle n'a pas encore d'utilité à l'heure actuelle.

La page 0 (statuts) s'organise selon la forme suivante :

Note: les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de bits correspondant à chaque paramètre

Octet 0	Microphone status flags Page identifier (2), limiter (1), overload (1), mute (1), réservé (3)
Octet 1	Microphone configuration echo Attenuation (2), pattern control (4), low-cut filter (2)
Octet 2	Microphone switch monitoring Remote off (1), call button (2), réservé (5)
Octet 3	Microphone remote control feature indicator 1 (sound) Attenuation (1), pattern control (1), low-cut filter (1), gain control (1), limiter (1), MS-XY switch (1), balance width (1), equalization (EQ) curve selection (1)
Octet 4	Microphone remote control feature indicator 2 (control) Mute (1), reset (1), ADC calibrate (1), test signal (1), light control (1), multiple sampling frequencies (1), dither-noise shaping (1), mode-2 synchronization (1)
Octet 5	Réservé, tous les bits à 0
Octet 6	Wireless microphone status flags Low battery (1), link loss (1), squelch (1), réservé (5)
Octet 7	Wireless microphone battery status Battery type (2), battery charge (4), réservé (2)
Octet 8	Wireless microphone error handling flags Forward error correction (FEC) capacity (3), error concealment (2), réservé (3)
Octets 9 à 23	Réservés, tous les bits à 0

Chacune des 3 pages est codée sur 24 octets et contient dans son octet 0 les mêmes informations : état du limiter, saturation du convertisseur et état du mute. Ces informations étant considérées comme capitales, la norme AES 42 les rend redondantes.

Dans le cas d'un micro monophonique, les données user sont les mêmes sur les deux sous-trames. En revanche l'utilisation d'un micro stéréo autorise des configurations différentes d'un canal à l'autre. Le cas d'un microphone sans fil a également déjà été prévu.

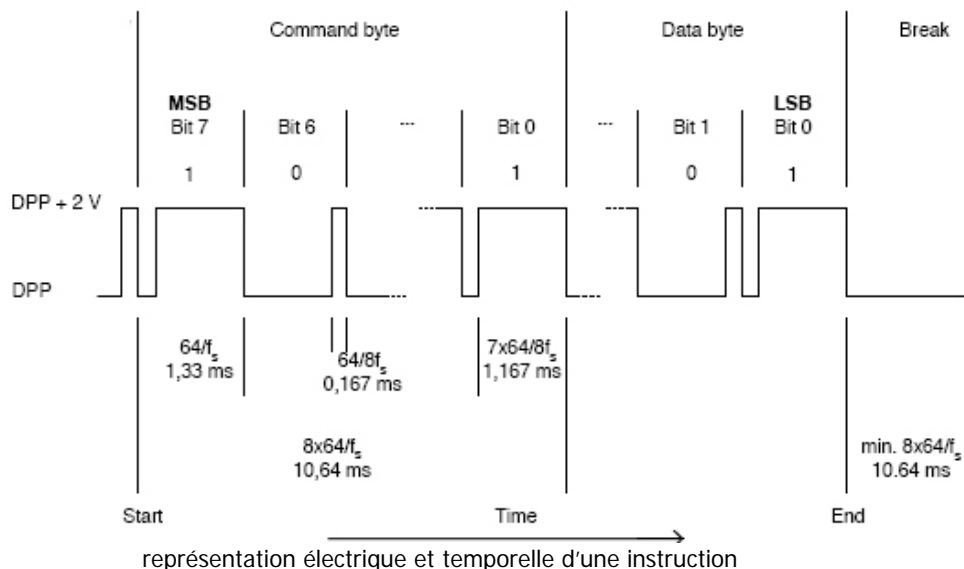
Les bits réservés sont à l'heure actuelle inutilisés et mis en réserve dans le cas d'une utilisation future encore non imaginée.

La page 0 est envoyée au récepteur continuellement, les autres pages étant transmises chacune seulement une fois par seconde, à moins que l'interface de réception ne fasse la demande, au moyen d'une commande (ceci est expliqué plus loin), de les recevoir ponctuellement. De cette manière, les indicateurs de statut peuvent être affichés en continu sur l'interface utilisateur et il est possible de faire apparaître des messages d'erreurs si des paramètres dont la modification est demandée ne sont pas implémentés dans le microphone.

III.4) La commande des paramètres

Les paramètres modifiables d'un microphone numérique sont contrôlables à distance, via une interface utilisateur soit logicielle, soit sous forme de machine dédiée. Pour être modifiés, ces paramètres doivent recevoir une instruction.

Les instructions de commande sont transmises au micro grâce à des impulsions électriques de +2 V ajoutées à la tension de l'alimentation DPP. Elles sont décodées par le microphone grâce à un circuit de séparation. Ces instructions sont codées sous forme numérique et envoyées à la vitesse de 750 bits/seconde pour une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz (le débit binaire des instructions de commande est défini comme étant le $1/64^{\text{ème}}$ de la fréquence d'échantillonnage) ce qui donne 32 instructions par seconde.



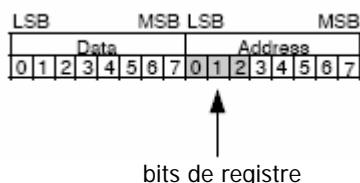
Il existe trois types d'instructions de modification de paramètres : l'instruction simple, l'instruction étendue, et l'instruction spécifique au fabricant. Cette dernière n'est pas détaillée par la norme, mais fonctionne sur le même principe que les deux autres.

Le but de **l'instruction simple** est de contrôler les paramètres les plus importants du micro en sollicitant le moins de ressources matérielles possibles pour être décodée. Elle est composée de deux octets, un octet d'adresse, puis un de données. Les paramètres qu'elle contrôle sont rangés dans trois registres.

Command number	Bit values in the data byte							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Direct command 1	Pre-attenuation		Directivity pattern control (4 bit)				Low-cut filter	
Direct command 2	Signal gain (6 bit)						Limiter	Mute
Direct command 3	Synchronization control data							

liste des paramètres disponibles dans chaque registre (*command*)

Les trois derniers bits de l'octet d'adresse déterminent à quel registre s'adresse l'octet de data. Dans le cas d'une instruction simple, les cinq autres bits ne sont pas utilisés (ils sont mis à 0).



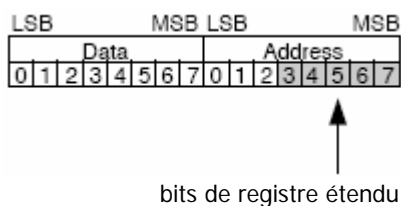
L'octet de données contrôle alors les paramètres du registre sélectionné. La pré-atténuation est codée sur 2 bits ce qui permet quatre valeurs de réglage – la position désactivée comprise –, de même pour le filtre coupe bas. La directivité de la capsule (paramètre disponible uniquement pour les microphones à deux membranes) étant codée sur 4 bits, elle peut varier de l'omni au bidirectionnel suivant le tableau suivant :

Bit value	Corresponding setting
0000	Manufacturer-specific default adjustment (default)
0001	Omnidirectional pattern
0010– 0100	Increasing directivities
0101	Sub-cardioid
0110– 0111	Increasing directivities
1000	Cardioid
1001	Increasing directivity
1010	Supercardioid
1011	Hypercardioid
1100– 1110	Increasing directivities
1111	Figure of eight

Les fonctions de mute et de limitation du signal sont chacune codées sur 1 bit, ce qui permet leur mise en fonction et leur désactivation. Le gain bénéficie d'une résolution de 6 bits, ce qui permet de le faire varier de 0 à 63 dB par pas de 1 dB. Le contrôle de la synchronisation se faisant avec un octet complet, le réglage du VCO par PLL peut s'effectuer très finement.

Les instructions simples sont espacées chacune de la durée de transmission d'un bit afin de permettre au microphone de réagir à la commande reçue.

Les **instructions étendues** permettent d'accéder à 31 registres de fonctions supplémentaires. La commande numérique pour les mettre en œuvre est la même que pour une instruction simple : un octet d'adresse suivi d'un octet de données. Ce sont les cinq premiers bits de l'octet d'adresse qui indiquent le registre choisi.



La plupart des paramètres étendus n'est pas encore implémentée dans les fonctions de traitement des microphones, et de nombreux bits de données sont réservés. Le tableau suivant dresse une liste de ces paramètres et des registres (*commands*) auxquels ils appartiennent.

Command	Function							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Command 4	Page request	Page request	Reset	ADC calibrate	Test signal		Light control	
Command 5	Sampling frequencies 44,1/48 kHz and multiples				Dither and noise shaping			
Command 6	MS-XY select	Balance width						
Command 7	Equalization curve select							
Command 8	Reserved							
...	Reserved							
Command 32	Reserved							
Command 33	Manufacturer-specific instruction begin							
Command 34	Manufacturer-specific instruction end							
NOTE A microphone ID-status request is not needed, because the microphone sends it automatically.								

On trouve également dans ces registres la fonction de requête de page, que le récepteur envoie au microphone pour obtenir des informations de statut spécifiques.

Les deux derniers registres – soit 16 bits – sont réservés aux fabricants de microphones numériques, pour leur permettre éventuellement d'équiper leur matériel de fonctions spéciales adaptées à leurs modèles de microphones.

III.5) Synchronisation

Dans tout système numérique, les appareils doivent gérer le flux audio de façon synchronisée. On trouve toujours un appareil dont l'horloge est maître et un ou plusieurs autres dont les horloges internes sont asservies. En général, on choisit comme horloge maître celle de meilleure qualité (meilleure précision, fluctuation moins importante). Pour cela, on dispose de l'horloge numérique ou *wordclock*. Ce signal doit être distribué à toutes les machines afin d'assurer leur synchronisation en asservissant leur horloge interne. Il existe plusieurs manières de le faire parvenir à un appareil : soit on le véhicule dans un câble qu'on branche sur une entrée dédiée de l'appareil, soit l'information qu'il contient est incluse dans le signal audionumérique, comme c'est le cas dans l'AES-EBU.

Pour asservir l'horloge d'un microphone, malheureusement, on ne dispose ni d'entrée wordclock, ni de la possibilité de lui envoyer un signal AES-EBU, puisque le microphone n'est pas un récepteur de ce type de signal.

La norme AES 42 prévoit **deux modes** de fonctionnement du système.

Dans le premier, appelé **mode 1**, tous les appareils doivent être synchronisés avec l'horloge interne du microphone. L'information d'horloge étant comprise dans le signal AES-EBU émis par le micro, les machines qui lui sont connectées extraient le wordclock du signal et le transmettent à leur horloge propre.

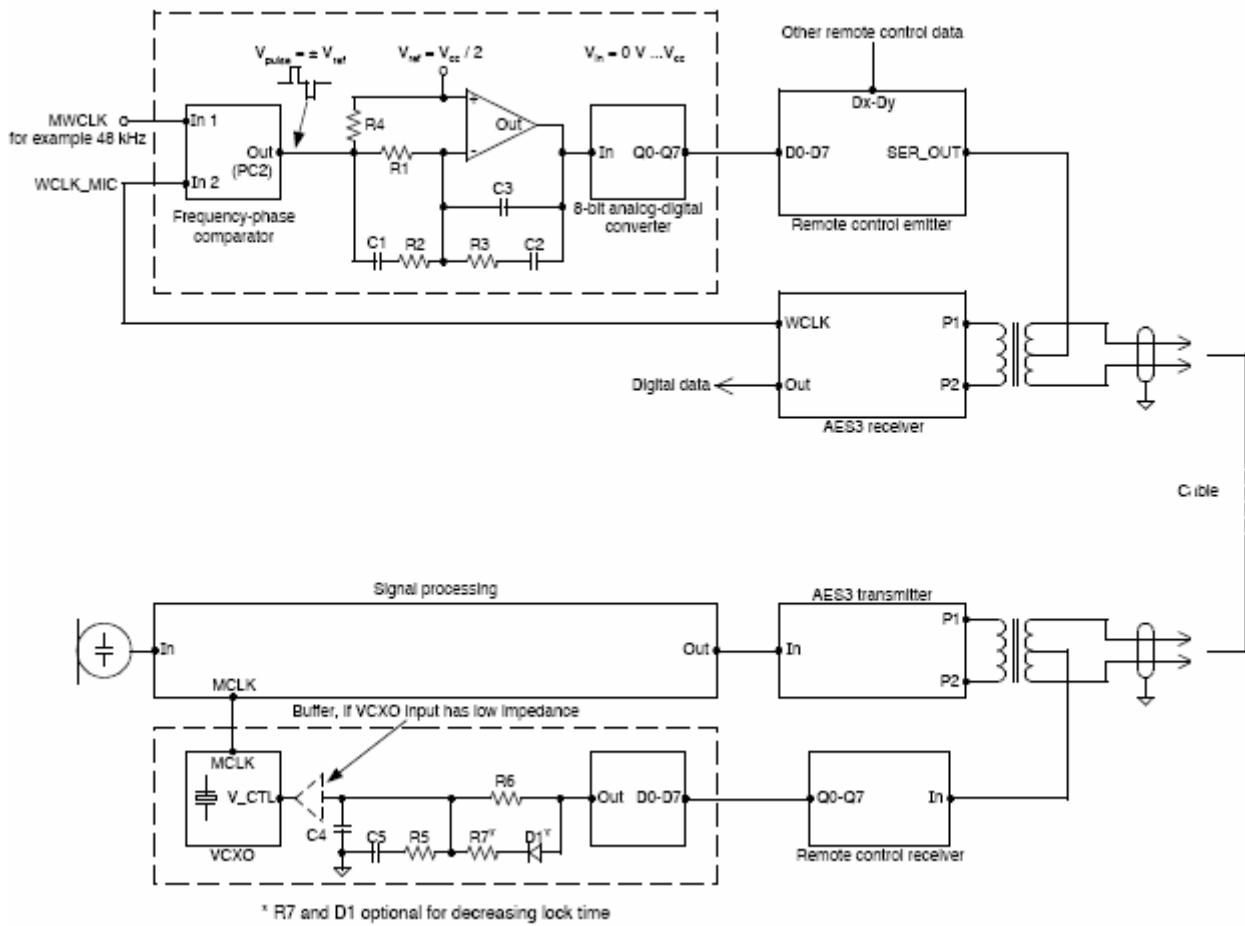
Toutefois, cela ne fonctionne correctement que lorsque un seul microphone numérique est en service. En effet, si au moins deux micros sont utilisés simultanément en mode 1, leurs horloges internes respectives ne pouvant pas fonctionner rigoureusement à la même fréquence, les deux signaux qu'ils émettent ne sont pas synchronisés, ce qui rend impossible, par exemple, leur mélange dans une console de mixage numérique.

Pour corriger ce problème, on a recours à un convertisseur de fréquence d'échantillonnage, qui synchronise les signaux entre eux à partir soit de sa propre horloge, soit de l'horloge d'un des deux signaux, soit encore d'une horloge externe. Dans tous les cas, ce dispositif présente le défaut de générer de la latence et de dégrader les signaux.

Le **mode 2**, quant à lui, définit un moyen d'asservir l'horloge du microphone à celle du récepteur, elle-même pouvant être asservie à une autre horloge. À partir du signal reçu du microphone, le récepteur analyse en permanence le décalage temporel entre sa propre horloge et celle du micro. En fonction de l'avance ou du retard de cette dernière, il envoie une instruction simple au microphone lui indiquant s'il doit ralentir ou accélérer la cadence de son horloge. Ce type de système est un PLL (Phased Locked Loop – vu précédemment).

L'instruction de contrôle de la synchronisation est codée sur 8 bits, ce qui assure déjà une certaine qualité. Cependant, il est possible de faire passer sa résolution à 13 bits en utilisant les 5 bits d'adresse étendue, qui ne sont pas utilisés pour une instruction simple, comme c'est le cas ici. Parmi les instructions de commande émises, au moins une sur cinq est l'information de synchronisation. Elle est donc envoyée au minimum six fois par seconde.

Lorsqu'un microphone fonctionne en mode 2, c'est-à-dire lorsqu'il reçoit des informations de synchronisation, il l'indique au récepteur à l'aide d'un bit utilisateur contenu dans les informations de statut (voir IV.3)).



synchronisation et réception d'instructions dans un microphone numérique

IV/ UTILISATIONS POSSIBLES A L'AVENIR

A présent que les différentes fonctionnalités du microphone numérique ont été passées en revue, la question se pose de savoir dans quelle mesure ce type de système peut être mis en œuvre dans un studio d'enregistrement ou sur une scène de spectacle et comment il peut cohabiter avec les configurations analogiques existant déjà.

IV.1) Architecture d'un studio

Un studio d'enregistrement est constitué d'un réseau complexe de liaison audio entre tous les appareils qui l'équipent. À l'heure actuelle, la plupart de ces liaisons sont analogiques, bien qu'on trouve également de plus en plus souvent quelques liaisons numériques. Le but de la configuration d'un studio d'enregistrement est de trouver les solutions qui permettent d'avoir l'installation la plus fixe possible, en évitant d'avoir à câbler et décâbler les machines importantes (console, magnétophones, etc.).

L'utilisation de microphones numériques dans un studio implique la présence d'un magnétophone multipiste numérique.

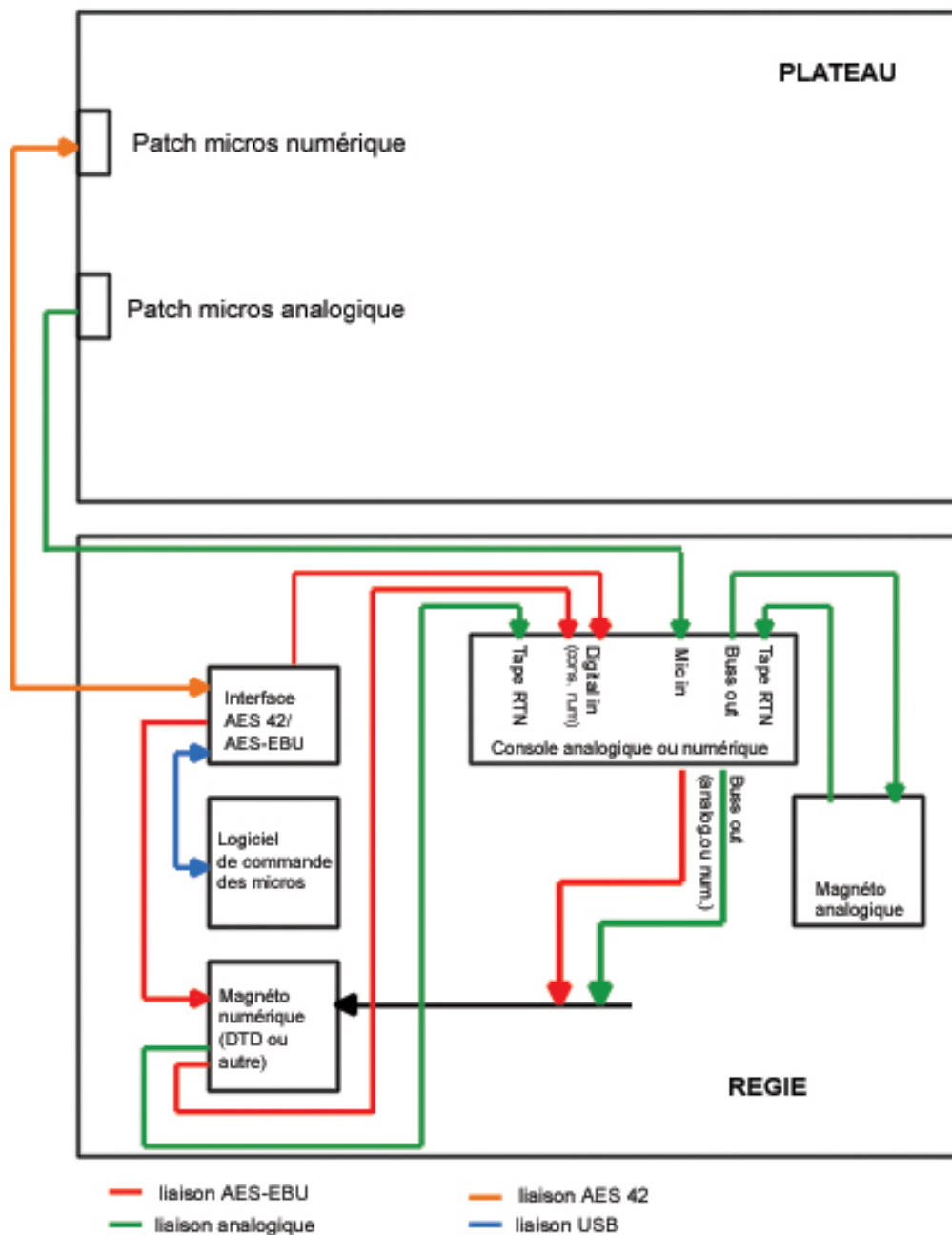
La plus importante modification qu'il serait nécessaire d'apporter à un studio pour pouvoir y utiliser des microphones numériques est l'ajout d'un patch sur le plateau permettant de relier les micros à la régie, afin d'y récupérer les signaux audio et de transmettre les informations de commande. Cela nécessite qu'un câble multipaire AES-EBU traverse le mur séparant régie et plateau, en plus des multipaires analogiques existant déjà. Ce multipaire serait câblé aux entrées des interfaces AES 42/AES-EBU, placées en régie afin de pouvoir en contrôler visuellement l'affichage (diodes pour la synchro, l'alimentation, etc.). Les sorties des interfaces seraient connectées aux entrées du magnétophone multipiste numérique.

On trouverait également dans la régie un ordinateur hébergeant le logiciel de télécommande des microphones, et qui ferait office de console d'entrée pour ces derniers.

Avec un studio équipé d'une **console analogique**, on pourrait imaginer les sorties des bus de la console reliés aux entrées analogiques du magnétophone numérique, tandis que les interfaces sont connectées aux entrées AES-EBU de ce dernier. Suivant le type de micro utilisé, il suffirait alors de choisir sur le magnétophone le type d'entrée correspondant. Une limitation se poserait cependant : pour enregistrer une même source sur différentes pistes, il serait nécessaire de disposer d'un magnétophone disposant d'un routing d'entrée (comme ProTools par exemple), ce qui interdit l'utilisation de magnétophones de type MX2424 ou DA88, où une entrée correspond à une piste. À moins que l'on soit disposé à changer le branchement du micro au patch entre chaque prise...

Avec une **console numérique**, la gestion du routing est résolue, puisqu'il peut être réalisé depuis la console. Néanmoins, un autre problème apparaît, puisqu'il faut alors disposer de suffisamment d'entrées numériques (qu'on obtient très généralement en ajoutant des cartes d'extensions – très chères – à la console) pour recueillir les sources et tous les retours machines. Si l'on ne dispose que de quelques microphones numériques, cette configuration semble la plus adaptée puisqu'il est aisément envisageable soit d'utiliser les entrées numériques inutilisées de la console, soit d'investir dans une carte d'entrée supplémentaire.

Si l'on dispose d'une console à la norme **AES 42** (ce qui n'a encore été développé par aucun constructeur à l'heure actuelle), c'est-à-dire disposant de l'alimentation DPP et des fonctionnalités décrites par la norme, les interfaces et la station informatique hébergeant le logiciel de commande disparaissent. Il faudrait bien entendu que ce type de console dispose toujours d'entrées micro analogiques.



IV.2) Utilisation en sonorisation

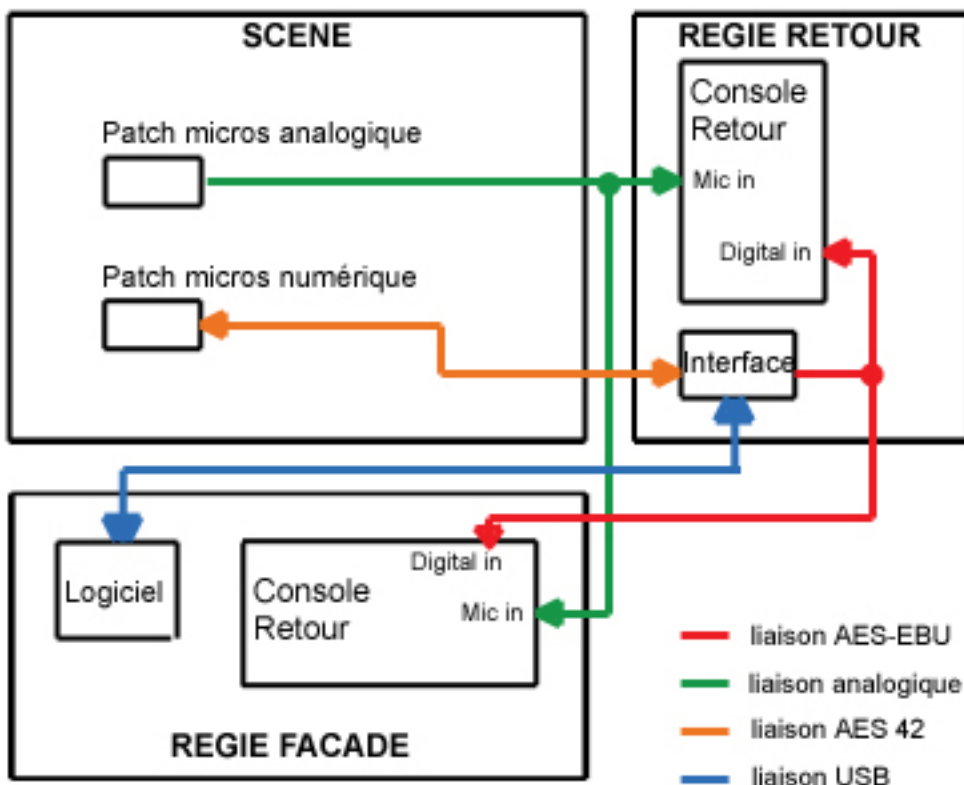
En sonorisation, l'emploi de microphones numériques interdit d'emblée l'utilisation de consoles analogiques, l'éventuel étage de conversion numérique/analogique réalisé par le magnétophone n'étant pas disponible.

Sur un concert avec deux régies – façade et retours – les interfaces seraient placées à la régie retour et le logiciel de commande en façade. Les gains, les choix de directivités et la mise en fonction d'atténuateurs ou de coupes-bas seraient donc réalisés de là. Cela implique que la console de retour dispose elle aussi d'un gain numérique pouvant être négatif, afin de pouvoir adapter le niveau des sources à ses besoins. L'indépendance totale des deux régies n'est alors plus assurée dans ce type de configuration.

Pour transporter le signal jusqu'aux deux régies, il faut procéder avec le signal numérique comme avec le signal analogique, c'est-à-dire câbler les deux régies en parallèle.

Ce type de câblage a pour effet de faire chuter l'impédance de charge, ce qui a certaines conséquences du point de vue électrique. En analogique, la baisse du rapport impédance d'entrée de console/impédance de sortie du micro peut se caractériser par une baisse du niveau du signal et l'apparition d'effets de filtrages. La numérisation au format AES-EBU présente alors un grand intérêt, puisque, bien que ces phénomènes affectent le signal, l'information sonore est protégée. De plus, le câblage en parallèle peut être réalisé grâce au fait que les interfaces routent le signal arrivant d'un micro sur deux sorties simultanément.

En revanche, un inconvénient apparaît avec l'utilisation de micros numériques. Le logiciel de contrôle des micros se trouvant en régie façade, il est nécessaire de tirer une grande longueur de câble USB pour piloter les interfaces, ce qui nécessite l'emploi de relais USB pour assurer la bonne transmission du signal de commande.



On pourrait également faire parvenir le signal audionumérique à la régie façade au format MADI (format dérivé de l'AES-EBU véhiculant 56 canaux multiplexés dans un seul câble coaxial) à l'aide d'un convertisseur AES-EBU/MADI. On n'aurait alors plus, entre la régie et la scène qu'un câble audionumérique, un câble USB, et toujours le multipaire analogique.

Les connecteurs XLD trouveraient toute leur utilité en sonorisation, puisqu'ils empêcheraient toute confusion sur le plateau, où l'on doit travailler vite et efficacement, entre câblage micro ordinaire et câblage AES-EBU, évitant alors des détériorations ou des dysfonctionnements dus à des connexions entre appareils numériques et analogiques.

CONCLUSION

On le voit dans les exemples précédents, l'ajout de microphones numériques à un parc de matériel déjà existant pose de nombreux problèmes de mise en œuvre, qui ne peuvent être contournés que grâce à des solutions le plus souvent onéreuses. Ceci étant, on peut considérer que les restructurations nécessaires à l'utilisation de ces micros sont du même ordre que celles qui ont eu lieu lors de l'arrivée sur le marché, au milieu des années 30, du microphone électrostatique – dont on doit l'invention à la firme Neumann. En effet, à cette époque, aucune console d'enregistrement ne disposait de système pour alimenter les micros et des boîtiers d'alimentation externe étaient nécessaires à leur fonctionnement. Pourtant, la totalité des consoles professionnelles disposent aujourd'hui d'une alimentation fantôme 48 V.

Cependant, le gain qualitatif obtenu avec un microphone numérique n'est à l'heure actuelle pas suffisant pour imaginer se passer de microphones analogiques.

De plus la qualité qu'on prétend nous proposer avec un microphone numérique (bruit de fond insignifiant, extrême dynamique, transparence totale) est sans doute excessive comparée aux limites de l'oreille humaine. La question qui se pose est de savoir si, d'un point de vue technologique, la qualité suffisante n'a pas déjà été atteinte dans le domaine de la prise de son, pour l'utilisation que l'on en fait.

À cela s'ajoute le fait – incontestable – que les appareils apportant de la couleur au son, qui sont le plus souvent des machines analogiques, connaissent un regain d'intérêt de la part des professionnels, après l'engouement des vingt dernières années pour les technologies numériques. Il est aujourd'hui très à la mode de posséder un préampli à lampe, un vieux micro, et toute sorte de matériel qui a marqué le son d'une époque.

Pour voir la microphonie numérique s'implanter dans les parcs de matériel professionnels, il faudrait, dans un sens, qu'elle parvienne à imiter les qualités de l'analogique, qui sont en fait des défauts (par exemple, d'un point de vue électrique, la coloration apportée par une lampe correspond à une légère distorsion du signal, ce que le numérique ne peut apporter).

Toutefois, la création de microphones numériques relève du défi technologique et témoigne d'une volonté d'innover de la part des constructeurs, confirmée par l'intérêt porté par l'AES au développement de cette technologie.

SOURCES, BIBLIOGRAPHIE

AES standard for acoustics – Digital interface for microphones

Published by **Audio Engineering Society, Inc.**

Copyright 2001 by the Audio Engineering Society

<http://www.aes.org>

The Feeble Phantom – Jörg Wuttke

(Microphone Data 2003)

©2003 Rycote Microphone Windshields Ltd

Powering Microphones – Chris Woolf

(Microphone Data 2003)

©2003 Rycote Microphone Windshields Ltd

Beyerdynamic – documentations techniques des MCD 100, 101, 836, 837, et MPD 200

<http://www.beyerdynamic.com>

beyerdynamic MCD 100 Microphone with MPD 200 Power Supply – Terry Christian

in Pro Audio Review <http://www.proaudioreview.com>

Beyerdynamic MCD 100 Digital Microphone Review – Roger Nichols

in <http://www.rogernichols.com>

Neumann GmbH– documentation technique de la solution D

<http://www.neumann.com>

Neumann Solution D – Digital Village

Neumann Solution D – Boxymusic

<http://shop.boxymusic.com>

Neumann D-01 Solution D – John Monforte

Numéro d'Octobre 23001 du magazine MIX

Frédéric Diaz – cours d'acoustique

http://artic.ac-besancon.fr/lp_maths_sciences/sciences/doc/cours/acbebac.pdf

<http://www.stagetec.com>

<http://courelectr.free.fr>