

TECHNIQUES DU SON



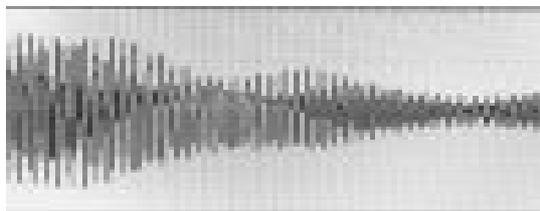
Pierre-Alain Vernet
pavernette@yahoo.fr

Les techniques du son permettent de reproduire un signal sonore directement ou en différé. Capté par un microphone, il sera recréé par une enceinte acoustique. L'énergie acoustique est transformée en énergie électrique. Le parcours du signal électrique entre le microphone et l'enceinte est appelé la chaîne sonore qui comporte tous les appareils et câbles traversés. La qualité de la restitution sonore dépendra de chacun des éléments de cette chaîne.



Qu'est-ce que le son?

Les sons que nous percevons sont des phénomènes acoustiques. Ils sont caractérisés par une variation de la pression de l'air, due au mouvement des molécules de l'air. Sa valeur va osciller autour d'une valeur «zéro» qui est la pression atmosphérique (101 325 Pa). On parlera de son intensité pour dire si la variation est importante. C'est un phénomène ondulatoire: à la manière des vaguelettes qui se propagent autour du cailloux jeté dans une mare, la pression de l'air augmente et diminue périodiquement en se propageant autour de la source sonore. On parlera donc aussi de longueur d'onde et de fréquence. Celles-ci sont liées à la notion de hauteur de son: à un son grave correspond une grande longueur d'onde (de l'ordre de plusieurs mètres) et une fréquence faible (quelques dizaines de Hertz); à un son aigu, on fera correspondre une courte longueur d'onde et une fréquence élevée.



forme d'onde

- I) Les microphones
- II) La circulation du signal analogique
- III) La table de mixage
- IV) Audionumérique

I) Les microphones

Le principe du microphone est de transformer l'énergie acoustique en énergie électrique. Comme le tympan, il est notamment composé d'une membrane qui réagit au signal acoustique: elle se déplace d'avant en arrière, transformant ainsi le mouvement de l'air en mouvement mécanique; la membrane oscille autour de sa position initiale. Le reste des composants du micro sert à créer, à partir de cette force mécanique, un signal électrique.

On définit la sensibilité d'un microphone comme sa capacité à donner une tension plus ou moins importante pour une même intensité sonore. Elle se mesure donc en mV par Pascal.

Technologies:

Il existe deux grandes familles de micros différenciées par la technique utilisée pour transformer l'énergie mécanique en énergie électrique: les microphones dynamiques et les microphones statiques.

Les microphones dynamiques:

C'est le système le plus simple: la membrane est liée à un aimant qui se meut au milieu d'une bobine électrique. Par magnétisme, les aller-retours de l'aimant créent une tension qui varie aux bornes de la bobine. Cette tension sera à l'image des mouvements de l'aimant et donc de la membrane, et par ce fait traduira les variations de la pression acoustique. On notera que ce système et celui utilisé pour les hauts-parleurs, mais à l'envers: un signal électrique créé un mouvement entre un aimant et une bobine, ce qui permet de mouvoir la membrane, et ainsi faire bouger les molécules d'air et donc créer du son.

De part cette technologie, les micros dynamiques sont plutôt robustes, mais peu sensibles et peu fins. Ils sont donc pratiques notamment pour la scène, car ils permettent de prendre le son d'une source que l'on place très proche (par exemple la voix d'un chanteur) en étant très peu sensible aux sources plus éloignées.

Les microphones statiques:

Cette technologie, plus complexe à décrire, utilise des condensateurs pour créer la tension voulue. Ce qu'il faut retenir pour l'usage, c'est tout d'abord qu'il est nécessaire d'alimenter ces condensateurs: parfois avec des piles insérées dans le corps du microphone, souvent avec ce qu'on appelle une alimentation fantôme: une tension (48V la plupart du temps) est appliquée au micro par un autre appareil (table de mixage par exemple). C'est cette tension qui permettra le fonctionnement des condensateurs.

Point de vue caractéristiques d'utilisation, les micros statiques sont plus sensibles et fins, bien que plus fragiles et souvent plus coûteux que les micros dynamiques. Ils seront donc privilégiés dans les applications nécessitant une grande qualité de restitution, comme le studio d'enregistrement.

Directivité:

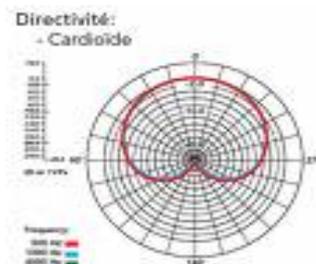
Ce terme caractérise la capacité du microphone à discriminer le son provenant de face à la capsule, de ceux venant des côtés et de l'arrière.

Un micro omnidirectionnel prendra de manière équivalente tous les sons l'environnant. Un micro cardioïde privilégiera les sons provenant de l'avant.

On parle de microphones hypocardioides, cardioïdes, hypercardioides ou canon pour exprimer l'importance de leur directivité.

Cependant, la directivité d'un microphone n'est pas la même selon la fréquence: les micros cardioïdes sont très directifs dans l'aigu, beaucoup moins dans le bas du spectre. D'autre part, un micro omnidirectionnel est tout de même directif pour les fréquences très élevées.

On caractérise la directivité par un ensemble de valeurs d'intensité pour un angle donné par rapport à l'axe du micro. Ainsi, on obtient des diagrammes la représentant. Les micros cardioïdes donnent des diagrammes en forme de coeur, d'où leur nom. Dans l'exemple ci-dessous, on voit que la sensibilité du micro en question est la plus grande face à la capsule (angle de 0°) et diminue sur les côtés. Notons que la courbe rouge est donnée pour une fréquence donnée.



*courbe de directivité d'un micro cardioïde
(valeur en fonction de l'angle, pour une fréquence donnée)*

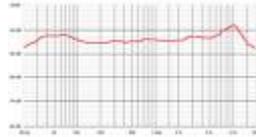
Assez souvent, les micros cardioïdes ont des trous, les ouïes, situés sur les côtés du micro, juste derrière la capsule. Mais parfois, elles sont cachées par le corps du micro. De plus, certains micros disposent d'un système permettant de modifier la directivité. Cela est indiqué sur l'appareil.



microphone cardioïde, ouïes visibles

Réponse en fréquence:

On associe à chaque microphone ce qu'on appelle sa courbe de réponse, c'est à dire sa sensibilité donnée pour chaque hauteur de son. En effet, deux microphones différents ne restitueront pas la même quantité de basses par exemple pour la même source sonore. Le timbre en sera donc changé. En pratique, la courbe de réponse est mesurée dans l'axe du micro, ce qui correspond à son utilisation normale. Cette valeur est donc donnée indépendamment de la directivité.



*courbe de réponse d'un microphone
(valeur en fonction de la fréquence)*

Microphones stéréo?

Le terme stéréo vient du grec et signifie espace. Le but est donc, quand on parle de stéréophonie, de créer du relief et de la profondeur dans l'image sonore, ainsi que des différences de positionnement latéral. Techniquement, cela est facilité en construisant une image à écouter sur deux enceintes (idéalement disposées de manière à former un triangle équilatéral avec l'auditeur). En ce qui concerne la reproduction d'une scène sonore réelle, des systèmes de prise de son ont été développés pour retranscrire au mieux ces notions d'espace. C'est ce qu'on appelle les couples stéréophoniques, composés de deux microphones: un micro dont le signal sera transmis à l'enceinte de gauche, un autre pour le haut parleur de droite.

Un microphone dit stéréo est en fait un ensemble de deux capsules composant un couple, mais disposées à l'intérieur d'un même appareil. Comme un vrai couple, il émet donc deux signaux différents: un gauche, et un droite. Il est donc important de conserver les deux signaux pour avoir la meilleure qualité sonore, même si cela fonctionne de ne prendre qu'un seul signal. Certains micros donnent aussi la possibilité de faire une prise monophonique (un seul signal) correctement.

Conduction solidienne:

Un membrane de microphone capte des vibrations, celles de l'air mais aussi celles que l'on désire moins retransmettre. Par exemple, un microphone posé sur une table transmettra les vibrations dues à un choc sur le plateau de la table. C'est ce qu'on appelle la conduction solidienne, due à un contact direct entre le corps du micro et un objet vibrant. Pour éviter cela, on place le micro sur une suspension.



microphone sur ses suspensions

II) La circulation du signal analogique:

On rappelle que le signal électrique utilisé est une tension représentant au mieux les variations de la pression de l'air autour de la membrane. On parle de signal analogique car il est analogue au signal acoustique: quand l'intensité de la pression acoustique monte, la tension électrique monte de manière proportionnelle. Ce type de signal électrique est à différencier du signal numérique, qui est un codage, aussi sous forme de tension électrique, du signal analogique. Celui-ci sera présenté plus tard.

Niveaux

On distingue trois niveaux électriques en audio analogique. Le premier est celui que l'on trouve à la sortie d'un microphone. C'est une tension oscillant en gros entre -0,1V et +0,1V. C'est le plus faible et donc le plus fragile. On l'appelle le niveau micro.

Le deuxième est ce qu'on appelle le signal de puissance qui sert à alimenter les hauts parleurs, qui nécessitent une tension importante pour être mis en mouvement. C'est donc le plus fort, de l'ordre de plusieurs volts ou dizaine de volts selon la taille et la puissance des hauts parleurs.

Entre les deux, il existe le niveau ligne, de l'ordre de 1 Volt, utilisé dans la plupart des autres appareils (lecteurs CD, appareils de traitement du son)

On voit ici que chaque appareil accepte une certaine plage de tension. Plus précisément, on définit le niveau nominal d'un appareil comme le niveau électrique où il fonctionne le mieux, et ne diminue donc pas la qualité du signal.

Câbles

Pour transmettre le signal entre deux appareils, on utilise des câbles parfois différents selon le niveau électrique donné par la sortie du premier appareil. Pour transmettre un signal de puissance, c'est à dire entre un amplificateur et une enceinte, on utilisera des câbles munies de fils électriques larges, c'est à dire de grande section, ou diamètre, ce qui permet justement de supporter de grandes puissances électriques. Pour les niveaux faibles, une section moins importante est suffisante.

Les connectiques utilisées entre câbles et appareils varient selon le niveau électrique et le type de transport (symétrique ou asymétrique).

On rappelle qu'une tension électrique est une différence de potentiel, c'est à dire entre deux valeurs. Pour transmettre une tension, il faut donc au moins deux fils et deux points de connection. On parle ici de point chaud et de masse. La masse est la référence, le « zéro ». Le point chaud traduit le signal: il oscille autour de la valeur zéro. Dans ce cas, on parle de signal transmis de manière asymétrique.

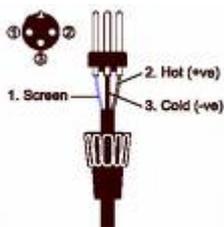
Le problème est que les fils sont soumis à différentes perturbations électriques, notamment au rayonnement électro-magnétique d'autres installations. Ces phénomènes entraînent une modification du signal électrique, et donc du signal sonore (les fameux buzz).

Pour éviter cela, il arrive que la transmission du signal se fasse à l'aide de trois fils: une masse, un point chaud et un point froid qui reprend le même signal que le point chaud. Il s'agit du système dit symétrique. Le but est de comparer les deux signaux sensés être exactement les mêmes à l'arrivée dans un appareil, et d'éliminer les différences. Ainsi, les

parasites peuvent être évités. Il est utile voir indispensable de transporter le signal de manière symétrique lorsqu'il est faible (niveau micro et ligne) et que la distance à parcourir est longue, à partir de plusieurs mètres, car le signal en est d'autant plus fragile face aux perturbations. Il est possible de transporter du niveau ligne en asymétrique sur quelques mètres sans que les perturbations soient importantes. Les signaux de niveau micro doivent toujours être transmis en symétriques. Les niveaux de puissance sont toujours transmis en asymétrique.

On note que, avec un câble comprenant trois fils, on peut soit transmettre un même signal en symétrique, soit deux signaux différents (un premier signal sur le point chaud, le second sur le point froid, la masse servant pour les deux.) On pourra donc entendre parler de manière détournée d'un signal « stéréo », ce qui signifie qu'il s'agit en fait de deux signaux à coupler en une écoute stéréophonique.

Le câble utilisé habituellement pour les niveaux lignes comme micro est nommé câble module, et est composé de trois fils de cuivre de 2mm de diamètre environ.



câblage d'un XLR mâle



câble module

Connectiques

Les différentes connectiques permettent de relier les câbles aux appareils. Si elles ne possèdent que deux points (c'est le cas par exemple du cynch ou RCA), elles ne permettent de faire passer que du signal asymétrique. La connectique XLR, comportant trois points, est privilégiée pour le transport de signaux symétriques. La connectique jack peut avoir deux points ou trois. Dans ce dernier cas, elle est autant utilisée pour un signal unique symétrique que pour un couple de signaux asymétrique. Notons que les connectiques se retrouvent au bout des câbles, mais aussi sur les appareils! Notamment, si vous faites entrer un signal symétrique dans un appareil, vérifiez bien que son entrée est connectée en symétrique aussi (balanced en anglais, et unbalanced pour asymétrique).



XLR femelle



Jack TRS (trois points)



cynch femelle



XLR mâle



MiniJack

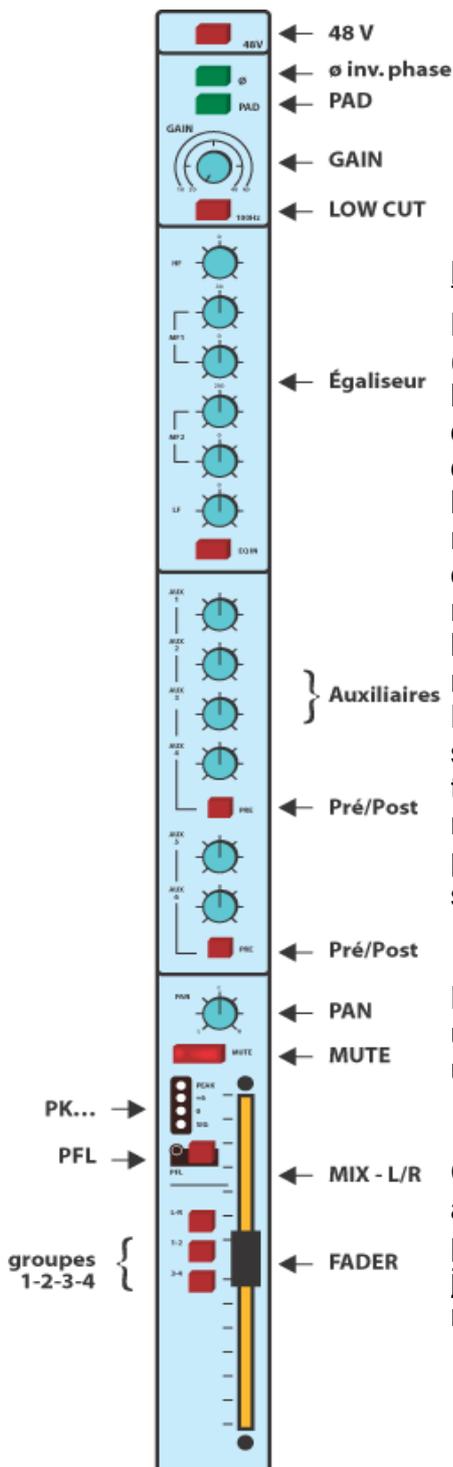


Cynch mâle

III) La table de mixage

Une table de mixage sert à récolter plusieurs signaux en entrée et les mélanger pour en sortir la somme.

A chaque entrée de la console correspond ce qu'on appelle une tranche de console: il s'agit d'une suite de composants électroniques disposés de haut en bas offrant chacun un traitement particulier du signal.

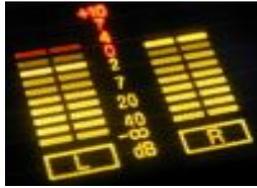


Entrée

Le premier « étage » d'une tranche est toujours le gain (trim en anglais). C'est un potentiomètre rotatif augmentant le niveau du signal entrant. Le but est de mettre le signal dans la plage du niveau nominal de la console (de l'ordre du niveau ligne). Plus on tourne le bouton, plus la valeur de la tension est augmentée. Pour visualiser cette manipulation, on utilise un vu-mètre, matérialisant le niveau électrique après le gain. Cette manoeuvre permet notamment de passer d'un niveau micro au niveau ligne de la console. Dans le cas où le signal entrant est déjà un niveau ligne, il arrive que l'on doive enclencher le bouton PAD (atténuateur, noté parfois -20dB) pour le diminuer. (le signal est trop fort même si le gain est bas). Sur certaines tables, il existe deux entrées par tranche, une pour les niveaux micros, une seconde pour les niveaux lignes, la première utilisant une connexion XLR (forcément symétrique), la deuxième un jack (symétrique ou non).

Près du gain et de l'éventuel PAD, on peut aussi retrouver un bouton 48V (alimentation fantôme) indispensable pour utiliser certains microphones statiques.

Ces fonctionnalités peuvent se retrouver sur n'importe quel appareil servant à récupérer des signaux microphoniques, par exemple une carte son d'ordinateur, mais ne sont jamais obligatoires. Certains enregistreurs peuvent n'accepter que du niveau ligne.



Vu-mètres

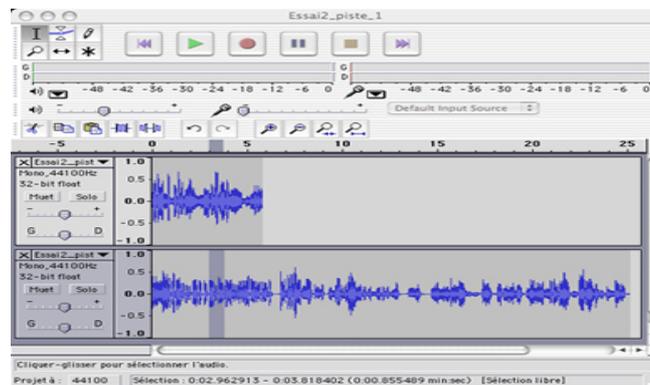
Egalisation

La seconde partie d'une tranche de console comporte ce qu'on appelle l'égalisation. Il s'agit ici, si nécessaire, de rééquilibrer les différentes gammes de fréquence du signal. Les boutons rotatifs permettent de baisser ou monter le niveau de telle ou telle plage de fréquence (souvent séparées en bas, médium, aigu). On trouve fréquemment un bouton « coupe-bas » (low cut), pour éliminer les fréquences les plus graves.

Routing

Ensuite, les éléments suivants permettent de répartir le son sur différentes sorties, dont le nombre est très variable d'une console à l'autre. Notons qu'il existe toujours un couple de sorties principales nommées simplement stéréo (gauche-droite). On envoie plus ou moins le signal de chaque tranche vers ces sorties en montant le fader (potentiomètre linéaire pour franciser la chose...) correspondant. Le potentiomètre rotatif noté PAN (panoramique) permet d'envoyer le signal plus à droite ou plus à gauche. Groupes et auxiliaires sont d'autres sorties. « Mute » signifie couper le son de la tranche.

IV) Carte son et audionumérique



session dans le séquenceur Audacity

L'audionumérique désigne l'ensemble des techniques et appareils utilisant les technologies numériques pour les pratiques du son. Le principe est de transformer le signal analogique (que nous connaissons bien maintenant) en un signal numérique. Il s'agit donc toujours d'une tension électrique, mais permettant cette fois-ci de véhiculer un code qui pourra être traité comme n'importe quelle autre donnée informatique. On voit que ce nouveau type de signal sera transporté et traité forcément de manière différente, donc par de nouveaux appareils. Cela permet notamment le travail sonore sur ordinateur.

Le numérique ne permet pas de s'affranchir des technologies analogiques, puisque celles-ci sont irremplaçables au minimum pour récupérer le son des micros et envoyer du signal aux hauts-parleurs.

Le fait de transformer un signal analogique en signal numérique et inversement s'appelle la conversion (A-D par exemple pour analog to digital). On parle aussi de numérisation. Le principe est de coder (avec des 0 et des 1) la valeur de la tension analogique en différents instants. On obtient une suite de valeurs numériques correspondant chacune à un moment précis. En récupérant l'ensemble de ces données, il est possible de « dessiner » de nouveau le signal analogique, en reliant tous les points ainsi obtenus. On comprend que la qualité du procédé est lié au nombre de mesures faites et à leur précision. La fréquence d'échantillonnage est le nombre de fois en une seconde que la valeur analogique est mesurée. Plus elle est grande, meilleur sera le résultat. Pour un CD, elle est de 44100 Hz. La quantification désigne la précision avec laquelle chaque valeur enregistrée est codée. Pour un CD, on utilise 16 bits, c'est à dire 65536 0 ou 1 pour coder la valeur du signal en un instant. Par exemple, à une tension de 0,756V correspondra le code 0111001000110001 sur tel appareil. Plus le nombre de bits de codage est grand, plus on est fin dans la traduction de la valeur.

Une limite à la qualité est la capacité des appareils à gérer des données lourdes (quantification importante) et se suivant très rapidement (échantillonnage très rapide).

Une carte son permet de numériser des signaux analogiques pour les utiliser sur un ordinateur, et à l'inverse, de convertir les données de l'ordinateur en tensions analogiques.

La transmission audionumérique utilise des câbles autres que ceux des technologies analogiques. Ce sont soit des câbles habituels dans le domaine informatique (USB, Firewire) pour relier une carte son et un ordinateur par exemple, soit des câbles particuliers au techniques du son. Quelques soient ce choix, il faut comprendre qu'en technologies numériques on fait correspondre à un type de câbles un protocole, c'est à dire une manière de transmettre l'ensembles des données numériques. Avant de désigner un type de câble et de connectique, l'USB est une mise en forme des données numériques que les deux appareils reliés doivent maîtriser. En ce qui concerne le domaine audio, l'AES EBU et le SPDIF sont deux protocoles permettant de transporter deux signaux numériques (une paire stéréo en somme...), et l'ADAT un ensemble de 8 signaux. Ce dernier est transmis par fibre optique. L'AES EBU et le SPDIF, peuvent être transmis par fibre optique aussi, ou par des câbles traditionnels en cuivre, mais qui seront de composition différente que les câbles module analogiques. Cependant, un câble « normal » peut fonctionner sur une très courte distance (1 ou 2m maximum). L'AES EBU utilise la connectique XLR, le SPDIF la connection cynch.



USB



Optique



Firewire