

Cours de MAO



Licence 2 musicologie – Bordeaux Montaigne

Chapitre 1 : Introduction à la MAO

I. Introduction

La MAO c'est : L'ensemble de l'utilisation de l'informatique comme outil associé à la chaîne de création musicale. Cela peut prendre la forme de composition musicale, gestion d'enregistrements lors de prises de son, mixage de morceaux, création de musique en live. En bref, tout ce qui est musical et traité par le biais de l'ordinateur.

La MAO n'est pas utilisée uniquement dans le cadre de la création de musique électronique, elle est aussi utilisée pour structurer et gérer des enregistrements acoustiques lors d'enregistrement d'un groupe en studio par exemple, (enregistrement de voix, guitare, batterie, piano, etc...). Elle servira donc dans ce cas là à récupérer les enregistrements sonores des différents instruments afin de les structurer, leur ajouter des effets sonores et les mixer ensemble afin de créer un morceau.

La MAO est donc au final un outil informatique permettant de gérer diverses sources sonores afin de les structurer et de les modifier. Il existe de nombreux logiciels de MAO, ils sont appelés DAW (Digital Audio Workstation). Parmi les plus connus d'entre eux : Ableton, Cubase, Pro Tools, FL Studio, Studio One, Logic Pro.

II. Sources sonores en MAO

1° Les enregistrements externes acoustiques : Le principe est simple, enregistrer ou récupérer en direct le son d'instruments ou de voix et les utiliser dans son logiciel afin de les structurer, les modifier, les assembler afin de créer un morceau ou une performance live.

2° Les samples : pour cela, le musicien va travailler avec des enregistrements de sons déjà existants qu'il aura téléchargés sur internet par exemple ou qui seront nativement présents dans son logiciel afin de les structurer, les modifier, les assembler afin de créer un morceau ou une performance live.

3° Les instruments numériques : dans ce cas, le musicien choisit de travailler avec des instruments numériques dont les sons sont entièrement générés ou gérés par des "plug-ins" (définition page 3). Il va alors être possible de créer des mélodies, des accords, des boucles rythmiques, etc... Il est aussi possible de modifier tous les paramètres du son grâce à des boutons et potentiomètres (définition plus bas).

III. Définitions :

❖ LES DÉCIBELS :

Le décibel ou dB est une unité de mesure physique qui exprime l'intensité sonore, autrement dit l'intensité à laquelle on perçoit un son.

L'oreille humaine peut percevoir des sons à partir de 0 dB. Cette unité est très fréquemment utilisée dans le monde de la MAO et de la sonorisation, elle est fondamentale.

Dans l'univers de la musique numérique, l'utilisation du dB est un peu différente.

0dB ne correspond plus à une intensité sonore nulle mais à un niveau maximum au delà duquel le son devient saturé et dénaturé, c'est le **clipping**. Il faut donc veiller à ne jamais dépasser un volume de 0dB. Tout volume en dessous de 0dB est alors compté en négatif.

Le **volume maximum en numérique est donc 0dB et le volume minimum, -infini dB.**

❖ LES FRÉQUENCES :

Tout être-humain peut percevoir des sons par le biais de fréquences allant de 20 hertz à 20 000 hertz. On appelle communément cette plage de fréquences le **spectre**. Plus la fréquence est basse plus le son perçu est grave.

Pour découper les fréquences sonores très largement:

- Les sons entre 20hz et 120hz environ sont considérés en musique comme des basses.
- Les médiums se situent entre 120hz et 6000hz
- Les aigus se situent entre 6000hz et 20 000hz (à partir de 10 000hz il devient difficile de percevoir les sons)

En MAO, la compréhension des plages de fréquences est indispensable pour situer les différents instruments dans le spectre et les mixer ensemble. Les sons plusieurs fréquences.

❖ LES PANORAMIQUES :

La panoramique ou «pan» est un réglage permettant de placer des sons dans l'espace sonore. A l'écoute, il s'agit de savoir si on son s'entend plutôt à gauche, à droite, devant ou derrière (Pour les systèmes d'écoute adaptés)

Dans une musique, chaque instrument ou groupe d'instrument peut être placé plus ou moins d'un côté ou de l'autre afin de créer de l'espace pour les autres instruments dans le mix ou créer un effet particulier (Effet de passage de droite à gauche).

La notion de panoramique amène les notions de **STÉRÉO** et de **MONO**.

-Un son dit «**STÉRÉO**» est en fait composé de deux «canaux» audio, l'un s'occupant du côté gauche et l'autre du côté droit. C'est ce qui nous permet à l'écoute au casque de distinguer des sons différents à gauche ou à droite.

-Un son dit «**MONO**» à l'inverse n'est composé d'un seul canal, c'est à dire qu'à l'écoute au casque, il n'existe pas de canal droite ou gauche, les 2 hauts-parleurs du casque enverront le même signal audio.

IV. Plug-ins

Un plug-in c'est: un logiciel qui peut générer des sons, les gérer ou les modifier. Il est généralement ouvert directement dans le DAW et est perçu comme un instrument à part entière. Un plug-in peut-être un synthétiseur ou un effet sonore que l'on pourra rajouter sur un son afin de le modifier.

Il existe des milliers, mais parmi eux on trouve 3 principales familles:

1° Les synthétiseurs qui génèrent du son: ils vont générer par le biais d'un code informatique un son, le plus souvent en simulant le fonctionnement de synthétiseurs analogiques (définition plus bas) dont les paramètres seront modifiables directement sur l'ordinateur.

2° Les samplers: ils ne génèrent pas de son à proprement parler mais utilisent des échantillons de sons enregistrés afin soit:

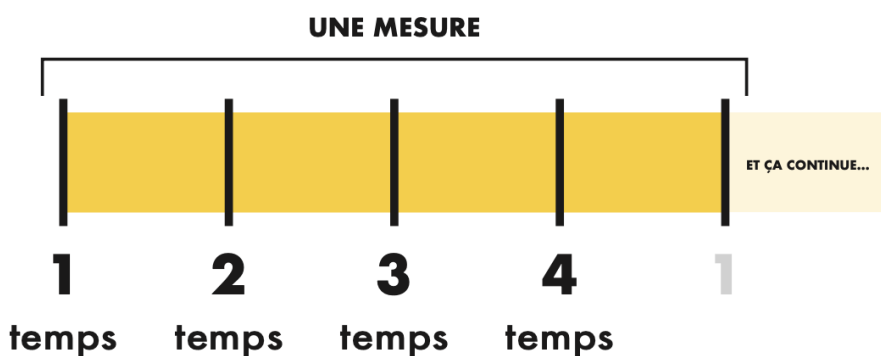
- de simuler un instrument existant (pour un piano on va par exemple enregistrer chaque son de chaque touche d'un vrai piano et ensuite pouvoir rejouer ces sons sur notre DAW afin de former des accords et des mélodies)
- de rejouer des sons quelconques et de les modifier de multiples manières, en les accélérant, ralentissant, changeant leur tonalité, rajoutant des effets, etc... C'est le sampling, la base de nombreux courants de musique électronique.

3° Les effets sonores: eux ne génèrent généralement pas de sons, ils sont utilisés sur une source sonore afin d'en modifier les caractéristiques. On pourra par exemple ajouter de la réverbération, de l'écho, de la distortion, des basses, des aigus, etc... Il en existe des milliers, ils sont combinables et offrent donc applications infinies !

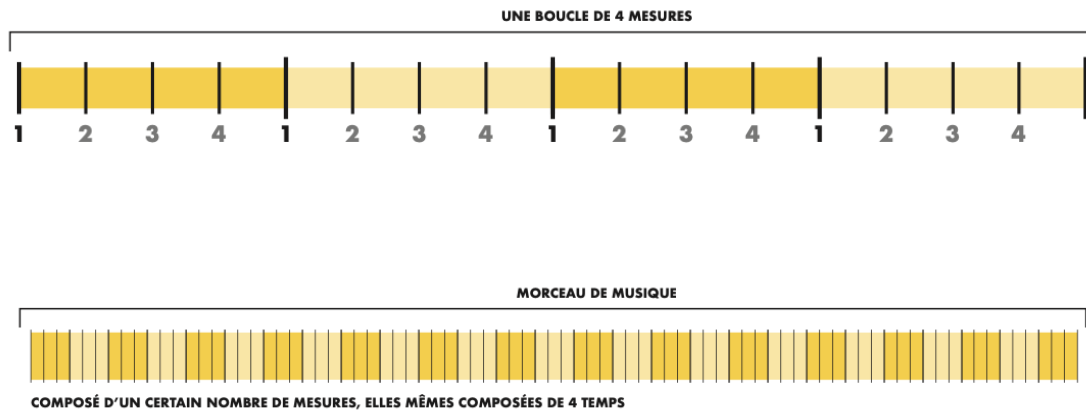
V. Structure

Le tempo: il est la base temporelle et rythmique de tout morceau de musique et définit la vitesse de jeu. Son unité de mesure est le BPM (Battement par minute). Par exemple, un tempo de 120 BPM signifie qu'en 1 minute, on aura **120 battements réguliers**. Les battements sont aussi appelés des **temps**.

Les morceaux de musique sont composées de **mesures** elles même composées de plusieurs temps. Le plus souvent, les musiques électroniques fonctionnent sur une base de mesures de 4 temps donc en **4/4**. En suivant le battement régulier du tempo et en comptant jusqu'à 4 sur chaque temps, on arrive à une mesure complète.



On va alors parler de boucle lorsqu'un instrument joue une mélodie ou un rythme sur une durée d'une ou plusieurs mesures. Généralement on fonctionne avec des boucles de 1, 2, 4, 8, 16, 32 mesures, etc... A la fin de la boucle, la ligne mélodique ou rythmique recommence au début et le morceau continue.



Dans un morceau classique, la structure générale est composée par exemple d'une introduction, d'un couplet, d'un refrain, d'un autre couplet, d'un autre refrain puis d'une outro, eux-mêmes composés de mesures.

Il s'agit ici d'une structure classique utilisée dans de nombreux styles de musique mais il ne s'agit en aucun cas d'une règle de composition. Pour cela, je préfère plutôt parler de la structure suivante: Introduction, contenu du morceau, outro. Ici introduction désigne simplement le début du morceau et outro la fin du morceau.

En somme, il n'y a pas de règle, c'est au compositeur de créer et d'imaginer la structure de son morceau. On préférera tout de même lors des débuts travailler avec une structure simple et établie pour faciliter la compréhension de certains concepts.

❖ LA NOTION D'INTENSITÉ DANS LE MORCEAU :

C'est un concept clé dans la musique. L'intensité dans un morceau dépend de plusieurs facteurs, en voici une liste non exhaustive:

- Les différences de volume au cours du morceau
- Le nombre d'instruments présents au cours du morceau
- La gestion de la quantité d'aigus et de graves au cours du morceau

La gestion de l'intensité dans un morceau va permettre d'en accentuer certains moments au travers par exemples de montées en intensité ou de ruptures au niveau du volume à des moments clés du morceau: par exemple, les drops. Un drop est un changement d'intensité plus ou moins brutal accompagnant un changement dans la ligne mélodique et rythmique. Ci-dessous un exemple basique de structure et d'intensité:

❖ QUELQUES DÉFINITIONS :

Sample : extrait sonore récupéré au sein d'un enregistrement préexistant de toute nature et sorti de son contexte afin d'être réutilisé musicalement pour fabriquer un nouvel ensemble.

Synthétiseur analogique : instrument de musique électronique permettant de générer et moduler des sons grâce au signal électrique. Le terme analogique désigne le fait que tout son ou modulation est généré et modulé grâce à du courant électrique, ce qui en fait un instrument physique.

Synthétiseur numérique : contrairement au synthétiseur analogique, il ne génère pas ses sons au travers de signal électrique mais grâce à du code informatique. Il n'existe pas de manière physique car il s'agit d'un logiciel, bien que ses paramètres eux puissent être gérés et modifiés par un objet physique.

Potentiomètre : dans le cadre numérique de la MAO, un potentiomètre est un curseur désignant une valeur. Il peut s'agir par exemple du volume d'un instrument, de la valeur d'un effet, etc... En modifiant la position de ce curseur on modifie alors un paramètre du son ou du logiciel.

Chapitre 2 : Les bases de l'acoustique

I. Définition du timbre

Le timbre est l'identité du son, son support matériel. Il dépend du corps sonore qui est à l'origine de son émission. Prenons un La 440 Hertz émis à 60 Décibels : nous identifierons immédiatement une différence si cette fréquence est émise par un violon, un saxophone ou un piano. Pourtant, il s'agit de la même note, à la même intensité, mais l'instrument change. Le corps sonore qui vibre n'est pas le même : corde, colonne d'air. De plus ce corps sonore n'est pas mis en mouvement par le même « outil » : au violon, corde frottée par un archet, pour le sax, colonne d'air mise en vibration par une anche et pour le piano, corde frappée par un marteau recouvert de feutre. C'est le choix de ces supports sonores et de leur mode d'excitation qui vont déterminer une forme d'onde caractéristique dans chacun des trois cas. Nous reviendrons plus tard sur le rôle de la caisse de résonance qui ajoute encore une dimension supplémentaire à cette définition.

II. Forme d'onde

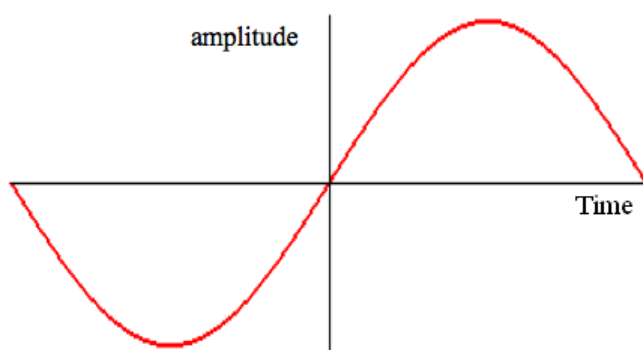


Fig 1. Sine wave (or sinusoid)

La forme d'onde la plus élémentaire est l'onde sinusoïdale (fig. 1). Elle est en quelque sorte au son, ce que l'atome est à la matière.

Les sons sinusoïdaux purs sont rares : diapason, friction sur le verre humide. On leur prêtait autrefois des pouvoirs étranges sur le comportement humain !

Les sons qui nous entourent sont plus fréquemment de nature complexe. C'est à dire qu'à l'intérieur d'une masse sonore que nous percevons comme unique, il y a un mélange de très nombreuses petites sinusoïdes qui ont en quelque sorte « fusionné » pour produire un même son. C'est la nature de ce mélange qui détermine la forme d'onde résultante (fig. 2) et qui est responsable de l'identité timbrale. On la nomme spectre.

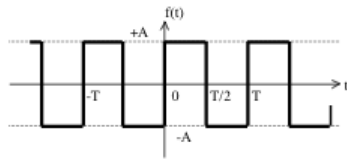


Fig.2 : Signal Carré

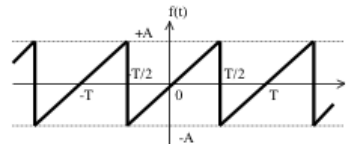


Fig 2 : Signal en dent de scie

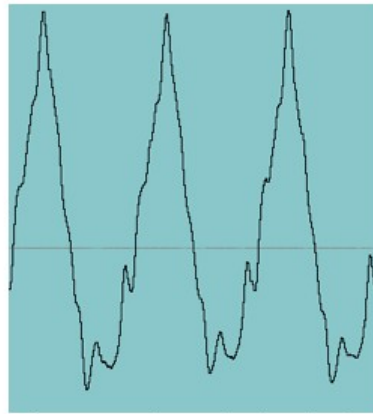


Fig.2 Complex periodic signal

III. Représentation spectrale

Il existe plusieurs modes de représentation graphique pour matérialiser la forme du son. Nous en choisirons un aujourd'hui, le sonographe pour sa clarté pédagogique lors d'une première approche acoustique.(fig 3).

Horizontalement : le temps en seconde. Verticalement : les valeurs des fréquences en Hertz . Un son sinusoïdal de 100 Hertz est donc représenté par un trait horizontal à la hauteur correspondant à la valeur 100. Un son harmonique de 100 Hertz est représenté par la superposition de traits correspondant aux valeurs respectives des sinusoïdes de 100 ; 200 ; 300 ; $n \times 100$ Hertz. La longueur des traits traduit la durée du son.

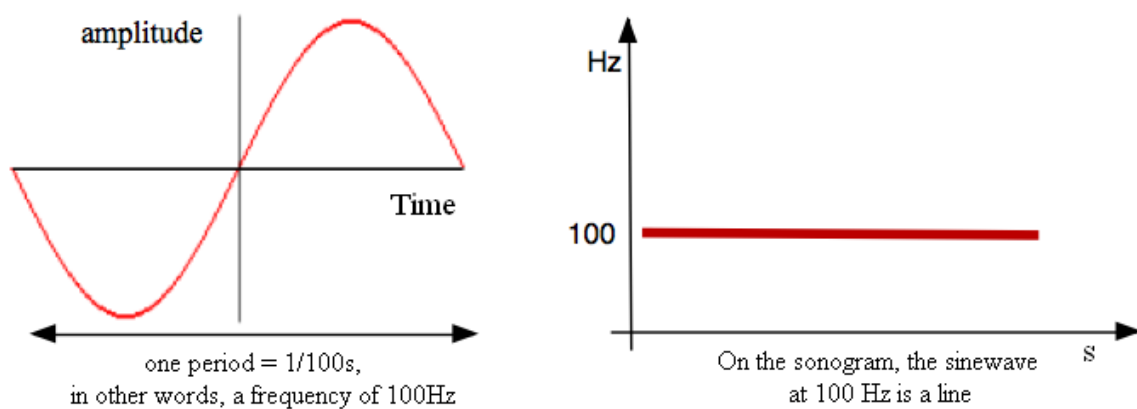


Fig. 3: Spectral representation

IV. Bruits

Imaginons qu'à des puissances identiques, toutes les fréquences sinusoïdales perceptibles par l'oreille humaine (de 20 Hertz à 20 kHz) se trouvent ainsi « mélangées » en un seul signal sonore. Nous obtiendrons ce qu'il est convenu d'appeler : un bruit blanc, c'est à dire du souffle. Si ce dernier est très bref, nous l'identifierons comme un choc plus ou moins sec. Les consonnes appartiennent à cette catégorie de son de même que le corps sonore qui reçoit l'attaque de l' « outil » qui le met en vibration commence par produire un bruit . Ce bruit correspond au temps de stabilisation de l'onde avant qu'elle prenne sa forme définitive. Le frottement de l'archet sur la corde de violon s'apparente à un bruit de souffle, la percussion du marteau sur la corde du piano à un choc sec (fig 4). Ces notions seront approfondies lorsque nous parlerons de la courbe d'enveloppe d'un son et des transitoires.

Dans le cas où cette suite de fréquences serait comprise entre des valeurs limites, on parlera de bande de bruits. Si une zone d'entre elles est particulièrement « gonflée » en énergie, on parlera de bruit coloré autour de cette zone émergente. Un bruit rose est un bruit blanc avec une pondération de 3 dB A par octaves.

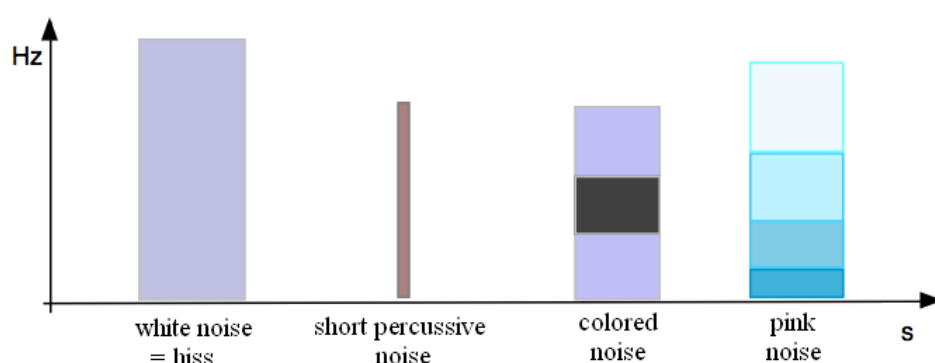


Fig.4: Different types of noise

V. Son harmonique

Nous avons mis en évidence le caractère pluriel de la composition des sons, à présent nous allons nous intéresser à une répartition particulière des fréquences dans le spectre sonore : les sons harmoniques.

Un son harmonique est un son dont les sinusoïdes qui le composent obéissent à une loi mathématique appelée loi de Fourier. Cette loi se traduit ainsi : un signal complexe périodique c'est à dire qui se reproduit identique à lui même à intervalles de temps réguliers, se décompose en un certain nombre de sinusoïdes dont les valeurs sont des multiples entiers de la plus petite d'entre elles (donc la plus grave).

Un exemple de son harmonique : un son de 100 Hertz dont les composantes seraient 100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 Hertz. La hauteur perçue est la fréquence la plus basse, c'est-à-dire 100 Hertz. Les composantes suivantes 2×100 , 3×100 , 4×100 etc. sont bien des fréquences calculées sur des multiples entiers (2 ; 3 ; 4, etc.) elles se nomment des harmoniques. La fréquence la plus basse qui leur sert de base de calcul se nomme le fondamental. Le rang d'un harmonique est le nombre entier par lequel on a multiplié le fondamental. On parlera par exemple d'harmonique de rang 3, dans le cas présent 300 Hertz. (figure 5).

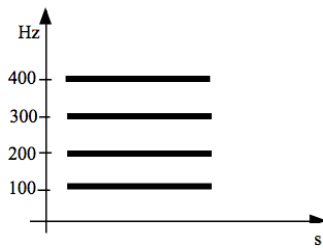


figure 5a: spectral representation of a harmonic signal with 4 harmonics

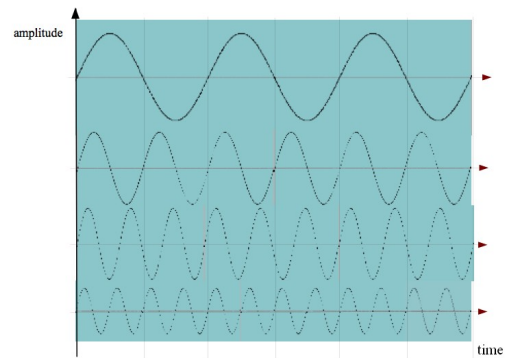


figure 5b: the sine wave components of the signal: from top to bottom

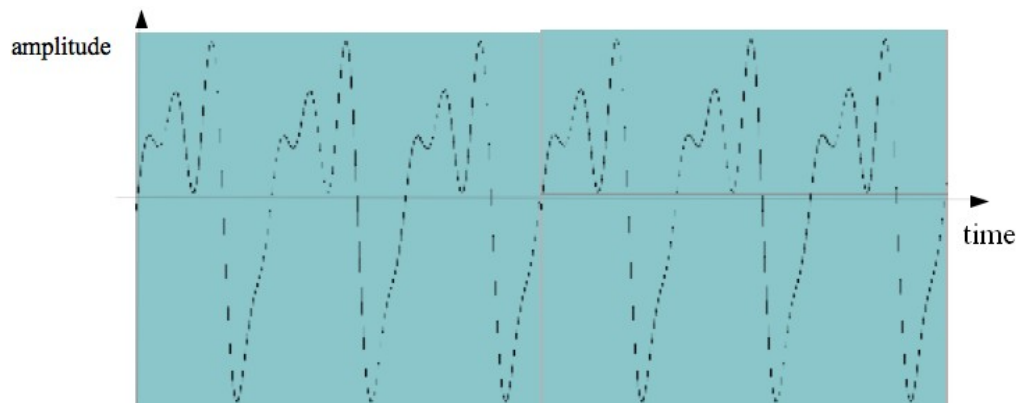


figure 5c: the combination of the 4 sine waves

La hauteur d'un son harmonique est facilement perceptible par l'oreille. Ces sons se perçoivent aisément « justes ». C'est pour cette raison que les instruments musicaux mélodiques seront conçus pour produire des spectres harmoniques ou presque.

Les bruits dont nous avons parlé précédemment sont des signaux apériodiques. Ils caractérisent les instruments à percussion.

VI. La répartition de l'énergie dans le spectre

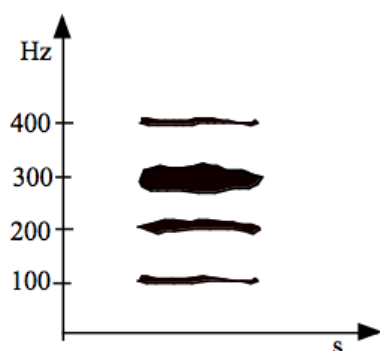
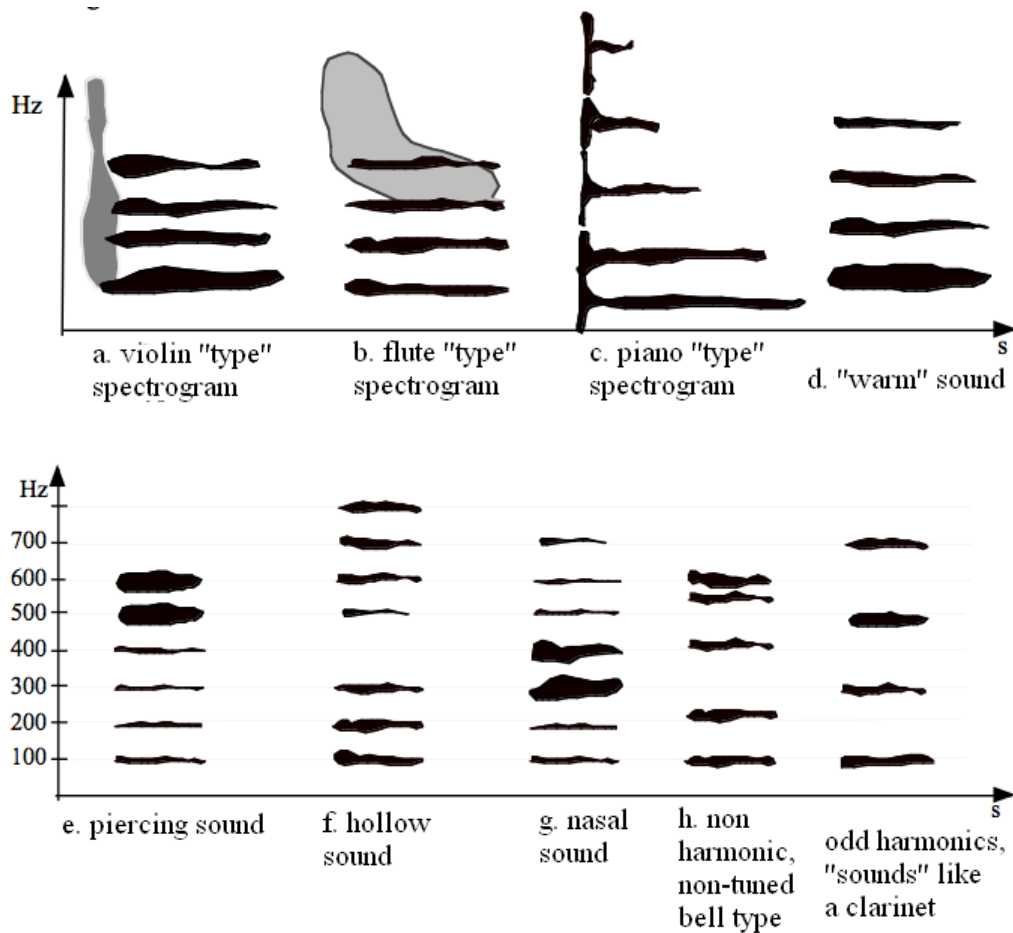


Fig 6. a harmonic sound at 100Hz with a formant at 300Hz

Une fréquence « gonflée » en énergie s'appelle un « formant » (fig 6). Si c'est le cas d'une bande de fréquences consécutives, on parlera de zone formantique comprise entre x et y Hertz.

Cette répartition de l'énergie joue un rôle important dans la perception timbrale, au même titre que le nombre de composantes dans le spectre, leur répartition ou leur régularité ou non par rapport au modèle harmonique.

VI. Quelques exemples de représentation graphique



- a- un son de violon : bruit de souffle à l'attaque, spectre harmonique
- b- Un son de flûte : spectre harmonique
- c- Un piano : bruit d'attaque du marteau, choc sec et spectre pas tout à fait régulièrement harmonique.
- d- Son chaud : peu d'harmonique mais répartition de l'énergie régulière du grave vers l'aigu.
- e- Son « aigre » son harmonique à forte concentration d'énergie dans l'aigu
- f- Son qui sonne creux : perte d'harmoniques dans le médium
- g- Son nasillard : faiblesse dans le grave, médium gonflé, aigus affaiblis
- h- Son pas harmonique : comme une cloche désaccordée.
- i- Signal carré, harmoniques impairs : sonne comme une clarinette

VII. Dans le cadre des corrections sur une console

C'est l'étage des correcteurs qui permettra de retoucher le timbre sur la console. Selon les modèles, ils seront plus ou moins sophistiqués et offriront des possibilités d'ajustements différentes. Nous laisserons de côté les « simples » correcteurs grave/aigu que l'on peut trouver sur les amplis « Hi-Fi » ou sur les mixettes d'entrée de

gamme et dont l'effet sera plus celui d'une correction physiologique d'équilibre du signal par rapport aux conditions d'écoute domestique, pour aborder la section de corrections des « petits » modèles numériques actuels ou des principaux logiciels d'enregistrement. On admettra en préambule que les correcteurs timbraux ne seront principalement utilisés que dans une logique... corrective, et non à fin d'espérer améliorer le signal capté : on ne rendra jamais « exceptionnel », par leur utilisation, un son qui ne serait que très moyen à la captation, à cause du placement du micro face à la source sonore ou de la nature même de ce micro... Les correcteurs se partagent la bande des fréquences audibles (les fameux 20 Hertz à 20 kHz...) en plusieurs sous-bandes. On parle ainsi généralement de correcteurs aigu, haut-médium, bas-médium et grave. Le premier travail consistera donc à évaluer, avant toute action sur le correcteur, dans quelle zone de fréquences se situe le problème à corriger et ensuite, à identifier sa nature : est-ce une coloration outrancière non détectée à la captation, un « parasite » lié à l'environnement, un effet de « masquage » lié à la présence d'autres instruments...

❖ À quoi ça ressemble ?

Les correcteurs de timbre sont des filtres à... harmoniques et partiels ! Leur spécificité est qu'ils ne se contentent pas seulement de supprimer des composants, mais ils peuvent aussi « amplifier » une zone de fréquences choisie. Évidemment, s'il « n'y a rien » dans le signal dans la zone considérée, c'est du souffle qu'on ajoutera ! Un « bon » étage de correcteurs propose en général 4 « sous-bandes ». Chacun propose au moins deux réglages : un ajustement de fréquence et un gain d'efficacité. On les nomme alors « semi-paramétriques ». Il n'est pas rare de trouver un troisième réglage, nommé « facteur Q » ou sélectivité, dont l'objet sera de plus ou moins « resserrer » ou « d'élargir » la zone d'action du filtre. Lorsque ce 3ème réglage est présent, le correcteur est alors qualifié de « paramétrique ». L'ajustement de fréquences sera dosable dans les deux limites de la sous-bande de fonctionnement du filtre (nos logiciels se sont affranchi de ces limites !).

Le gain d'efficacité définit, en dB, le « niveau » d'action du filtre, au niveau de sa fréquence de coupure, autrement dit, de la fréquence à laquelle il est réglé. Comme on peut le voir sur la figure 8 empruntée à [Cubase 4](#), ce réglage de gain peut être positif ou négatif. On remarque également que l'action du filtre est plus ou moins « raide » de part et d'autre de la fréquence de coupure sélectionnée. La « pente » de cette cloche sera précisément ajustée par le réglage de sélectivité.



Figure 8: 2 EQs in cubase. Note the cut frequency represented by the point in the curve, and the width of the curve, which corresponds to the Q of the filter.

I. Comment intervenir sur le timbre

Il ne faut pas perdre de vue que les actions réalisées sur le son d'un instrument seront forcément destructrices par rapport au son capté, ce dernier l'étant... souvent aussi, par rapport au son original. C'est donc avec prudence qu'il faudra agir ! Avant de toucher à quoi que ce soit, imaginer le résultat, après correction : je veux un son plus « chaud », je veux retirer des basses, je veux faire « émerger » mon instrument du mixage, je veux supprimer cette résonance énervante qui vient du studio... Nous vous proposons le petit tableau ci-dessous, en guise de « fiche pratique » ; vous y trouverez une rapide « check-list » vous permettant de faire vos corrections timbrales, en parfaite maîtrise de la chose. N'oubliez cependant pas que l'écoute est le point fondamental et ultime de jugement sur la qualité de votre travail...

Nature de la correction	Objectif souhaité	Action	Remarques utiles
Ajuster le timbre d'un instrument capté par un micro, instrument électronique ou virtuel	Modifier le timbre d'un instrument qui a trop ou pas assez d'aigus ou de basses.	Evaluer quelle bande de fréquences est concernée : 1) réglez le gain à +12 dB et ensuite, tournez le sélecteur de fréquence jusqu'à ce que vous entendiez, à l'oreille, la zone où le signal augmente le plus. Vous avez trouvé la fréquence de coupure ! 2) réduisez le gain à 0 dB, puis baissez progressivement jusqu'à obtenir le résultat cherché.	Faites ce réglage avec l'instrument choisi en solo. Ensuite, ouvrez à nouveau les tranches des autres instruments pour évaluer le timbre corrigé dans le mixage. Conserver une « taille de cloche » large et resserrez si besoin.

		3) comparez en « by-passant » le correcteur avec le signal d'origine.	
Faire « ressortir » l'instrument ou le rendre plus « discret » dans le mix.	1) Evaluer la bande de fréquences, tel que ci-dessus. Peut-être faudra-t-il utiliser deux correcteurs, si l'instrument a une large tessiture. 2) Resserrez la sélectivité du filtre au plus étroit possible autour des limites de jeu de l'instrument. 3) augmentez légèrement (pas plus de 3 à 5 dB !) le gain du filtre.	Cà ne marche pas à tous les coups ! Parce que d'autres instruments sont peut-être dans la même zone de fréquences et que monter votre soliste les montera aussi. Dans ce cas, il faudra se rabattre sur le compresseur multibandes...	
Mauvaise qualité d'une voix parlée captée par un micro	Corriger les « problèmes » sur certaines consonnes.	C'est probablement sur les « pa », « da » et ce type de syllabes que se posent les problèmes : la solution est dans le bas du spectre de fréquences, et plus précisément dans le bruit de l'attaque. Certaines consoles proposent un « coupe-bas » fixe, dont l'objet est précisément de tenter de limiter ce souci. Choisissez le correcteur « grave », et réduisez le gain de 2 à 3 dB. Adoptez, si ce n'est pas le cas par défaut, un mode de filtrage de type « shelving » (plateau). A défaut, élargissez la cloche du filtre, au maximum.	Là encore, le résultat n'est pas forcément acquis d'avance ! C'est toutefois plus facile sur une voix parlée qu'une voix chantée. Si en dépit de vos efforts, les problèmes subsistent, il faudra aussi utiliser un compresseur.
Nuisance sonore en diffusion ou sur un enregistrement.	Supprimer un bruit « parasite » ou un bruit de fond lié au lieu ou à la captation.	Identifiez la fréquence parasite, comme nous l'avons fait plus haut : si c'est un problème « secteur », ce sera vers 50Hz ou un harmonique de 50Hz. Dès que la fréquence est bien ciblée, resserrez la sélectivité au maximum et atténuez le gain... autant qu'il faudra pour que le signal ne gêne plus dans le mixage.	Vous auriez dû vous en rendre compte à la captation ! On ne pourra donc que « sauver les meubles » ! La correction que vous appliquez sera d'autant plus efficace que la fréquence sera fixe. Mais... tout ce qui se trouvera d'utile dans la même zone disparaîtra avec le son parasite !

Chapitre 3 : Les effets :

En studio, la chaîne de production musicale fait appel à de multiples traitements du signal sonore original. Ce traitement électronique est indispensable pour redonner une certaine vie à une source captée le plus souvent au plus près et de la façon la plus neutre possible. Cette technique permet également de reporter au moment du mixage les décisions en matière de correction ou d'espaces : ajouter une réverbération ou de l'écho à une voix, réduire la dynamique d'une caisse claire, ajouter de la distorsion à un son de guitare... Dans tous les cas, on utilise des processeurs de signal. Naguère, ces effets et traitements prenaient obligatoirement la forme d'appareils externes (rackables ou sous forme de pédales pour guitare par exemple). Désormais, ils sont intégrés à tous les logiciels de station de travail audio, sous forme de plug-ins, ou éventuellement sur des plates-formes DSP externes. C'est sous cette forme qu'on les utilise le plus souvent en home studio.

On distingue deux types de manipulations sur le signal :

- d'une part celles visant à transformer ou enrichir le signal original en lui ajoutant une réverbération artificielle, des répétitions (écho), un *flanger*, un *chorus*, des voix supplémentaires générées par transposition... Il s'agit dans ce cas d'effets basés sur des modifications temporelles du signal d'origine ;
- d'autre part celles destinées à modifier son niveau, globalement ou par bandes de fréquences (compresseur, limiteur, *noise gate*, expandeur, égaliseur, panoramique manuel ou automatique...).

Les traitements se cumulent. Il n'est pas rare, par exemple, qu'une voix passe successivement par un compresseur de dynamique et un égaliseur, avant d'être enrichie par l'ajout d'une réverbération voire d'un délai. L'ordre dans lequel ces traitements interviennent revêt une grande importance dans le rendu du son final. De plus, tous consomment des ressources processeur. Il faut donc surveiller leur nombre, optimiser leur utilisation ou les faire tourner sur des plates-formes DSP externes, ce qui soulage ainsi d'autant l'unité centrale.

En home studio, la réverbération/délai et la compression sont deux effets majeurs dont la maîtrise, pas toujours évidente, est impérative.

I - Effets « temporels »

Comme leur nom l'indique, les effets temporels, jouant sur le temps, prolongent la durée d'un son, en lui ajoutant un halo sonore (réverbération) ou en le répétant (écho). On obtient aussi des sons intéressants en faisant varier progressivement le retard d'un son et en le mélangeant avec l'original (modulation du délai).

1.1 Réverbération

▪ Les bases

En studio, l'effet de réverbération recrée, de façon artificielle, le phénomène acoustique produit dans une salle par les multiples rebonds successifs de l'énergie sonore sur les parois et obstacles divers. L'oreille intègre toutes ces réflexions en un seul phénomène continu, mais en tire, selon leur répartition et leur décroissance, des conclusions quant aux dimensions de la salle et au placement des sons émis.

À volume égal, deux lieux peuvent sonner de façon totalement différente. Tout dépend de la nature des matériaux qui tapissent murs, planchers, plafond et des formes de la salle. Par ailleurs, un volume de 100 m³ peut aussi bien correspondre à un parallélépipède de 5 × 5 × 4 m qu'à un tube de 2 m de diamètre et de 30 m de longueur. Le caractère de la réverbération obtenue n'aura rien à voir dans l'un ou l'autre cas.

La musique acoustique est inséparable du lieu qui l'accueille. Jouer d'un grand orgue dans l'atmosphère mate d'un studio, ou, à l'inverse, placer un quatuor à cordes dans la grande nef d'une cathédrale n'a pas de sens sur le plan de l'interprétation ni de la perception musicale et esthétique. Au tout début de l'enregistrement, le concept même de réverbération artificielle n'existait pas. Les ingénieurs du son jouaient sur la distance micros/musiciens et sur la disposition de ces derniers pour obtenir un son « vivant » et aussi précis que possible. C'est souvent une telle image sonore « plausible » qu'on s'efforce de recréer au mixage, en jouant sur les effets appliqués à des sons captés en proximité, dépourvus d'indices de localisation.

1.2. Les différents types de réverbération artificielle

Les réverbérations numériques possèdent des algorithmes recréant des espaces différents, comme l'indique l'intitulé du *preset* (Plate, Hall, Reverse...). Toutes ces réverbérations ne sont pas interchangeables. Chacune possède son caractère propre, certains types convenant mieux que d'autres à tel ou tel son ou famille d'instruments.

- **Plate**

La réverbération à plaque (*plate* en anglais) procure une sensation d'espace sans pour autant évoquer un volume acoustique réel. Assez coloré et plutôt long (de 1 à 4 s sur une EMT 140 originale), ce *preset* se caractérise par une diffusion initiale assez importante et une brillance marquée. Le mode Plate se marie bien à la voix (Jim Morrison sur les disques des Doors lui doit beaucoup), aux guitares, aux cuivres, et éventuellement avec une caisse claire, des percussions, etc.

- **Hall**

Le terme est une abréviation de *concert hall* (salle de concert en anglais). Ce type de réverbération évoque un local de grandes dimensions, à l'acoustique optimisée pour un orchestre symphonique. Une réverbération de type Hall est donc généralement très ample, avec des premières réflexions assez marquées, mais sa couleur globale est peu brillante. Riche en graves, elle apporte une profondeur à un son de batterie, de percussions, de cordes. Prenant de la place dans l'espace sonore du mixage, mieux vaut donc limiter le nombre d'instruments l'utilisant, sous peine de confusion. La réverbération Hall convient aux instruments acoustiques, et permet d'homogénéiser deux sons enregistrés dans des conditions très différentes.

- **Chamber**

Le terme Chamber désigne une salle dédiée à l'obtention d'une réverbération naturelle, à l'image d'un local vide (généralement une cave) carrelé, doté d'une acoustique brillante (d'où les noms de programmes parfois imaginés, Brick Wall ou Basement). L'effet de halo sonore est moins marqué que sur une réverbération de type Hall. On trouve différentes variantes, baptisées Wood Chamber, Vocal Chamber, Drum Chamber, voire Live Chamber...

- **Ambience**

Ce preset vise à créer un effet « ambiant », enveloppant et agréable, sans référence avec un espace acoustique précis. Il recourt souvent à une distribution plus aléatoire des réflexions élémentaires, ce qui désoriente l'oreille, accoutumée à la prévisibilité des rebonds sonores dans les vrais espaces. Souvent assez courte, une réverbération Ambient aère le son, procurant une impression d'espace sans perdre la proximité.

- **Room**

Le preset Room désigne une pièce aux dimensions plus réduites qu'un Hall, et caractérisé par une réverbération courte et dense, très réactive sur des percussions par exemple, ou encore des sons de batterie, des percussions ou une guitare.

C'est sur ce type de programme, moins flatteur par nature qu'un preset Hall ou Cathedral, qu'on juge de la qualité d'une réverbération. Les éventuelles faiblesses des algorithmes de calcul utilisés apparaissent alors : sonorité métallique, artificiel, résonances...

2. Délai et écho

Le délai correspond à une répétition perçue comme distincte du signal d'origine – soit 20 ms au minimum. Dans le monde réel, ce phénomène se produit dès qu'un signal acoustique est réfléchi par une paroi « dure » située à une distance d'environ 6 m : mur d'immeuble, montagne... Pour créer de telles répétitions en studio, on s'est longtemps servi d'un magnétophone. Aujourd'hui, grâce au numérique, les données audio sont stockées dans une mémoire après conversion analogique/numérique, puis relues à un intervalle pouvant aller de quelques millisecondes à plusieurs dizaines de secondes, avec une bande passante et une dynamique optimales.

En réinjectant, à faible niveau, le signal retardé au signal d'origine (*feedback*), puis en faisant repasser le tout par l'entrée du délai pour poursuivre le processus de traitement, on obtient plusieurs répétitions distinctes, d'amplitude décroissante : c'est l'écho proprement dit. Au contraire de la réverbération, le délai ou l'écho sont des phénomènes purement artificiels. Ajouter un écho bien paramétré à un signal apporte une ampleur et un réalisme incomparables. Sur des valeurs très courtes, avec éventuellement beaucoup de feedback, l'effet « extra-terrestre » est immédiat.

Les délais actuels sont presque toujours stéréophoniques. Pour obtenir des répétitions en rythme avec la musique, il est utile de se référer à des tables tempo/durée, indiquant la durée en millisecondes d'un temps de mesure à 4/4. Ainsi, à un tempo de 120 à la noire, il faut sélectionner 500 ms de délai pour que la répétition d'une note tombe tous les temps, la moitié (soit 250 ms) pour qu'elle tombe toutes les croches, etc. La plupart des délais possèdent aujourd'hui une touche Tap, qui permet d'entrer la durée sans calcul, en tapant dessus au rythme de la musique.

Autre exploitation de l'écho, le Multi-tap (**figure 8.7**) consiste à orienter alternativement une répétition de signal à gauche, puis au centre et enfin à droite, en rythme ou non avec la musique... L'effet de « ping-pong » est toujours spectaculaire, notamment sur les voix *lead*, tout en aérant le mixage.

Les plug-ins de délais proposent souvent un grand nombre de paramètres au-delà des contrôles de base Time, Feedback, Dry/Wet. On peut par exemple inverser la polarité du signal renvoyé en entrée (Feedback), ce qui modifie le son obtenu.

Les délais sont souvent dotés d'un oscillateur basse fréquence (LFO), dont la forme d'onde (sinus, dent de scie...) et la fréquence (de 0,1 à 10 Hz, par exemple) sont variables. Cet oscillateur s'applique généralement à la durée du délai. Tel quel, il agit sur la hauteur de relecture du signal retardé, ce qui engendre des effets spéciaux de ralentissement/accélération du son déroutants. Ce même principe de modulation de durée de délai est à la base du *chorus* et du *flanger*, très utilisés en musique.

II. Effets fréquentiels

1. Egaliseurs graphiques

Les égaliseurs graphiques découpent le spectre en nombreuses bandes de fréquence espacées d'une octave ou d'un tiers d'octave. La position des curseurs dessine la courbe de réponse obtenue, d'où leur nom. Ce système de correction est peu musical, et donc peu utilisé en enregistrement/mixage studio. En mastering, les ingénieurs utilisent plutôt des égaliseurs paramétriques à 5 ou 6 bandes. En revanche, on trouve souvent des graphiques en sonorisation, placés en insertion sur les généraux pour donner une couleur générale au mixage, corriger les défauts de la salle ou éviter un Larsen.

Les égaliseurs graphiques possèdent généralement 31 curseurs par canal (**figure 8.12**), dont le niveau est réglable, chaque curseur correspondant à une bande de fréquences. La bande d'octave du spectre audible (on en compte 10) est donc divisée en trois, d'où le terme « tiers d'octave » qui désigne ce type d'égaliseurs. Les fréquences d'intervention sont fixes (31,5 – 40 – 50 Hz...), de même que les largeurs de bande (généralement de l'ordre de l'octave). La bande de fréquences corrigée est donc plus large que l'espace séparant deux curseurs. Autrement dit, chaque correction a tendance à « baver » sur la bande de fréquences précédente et la suivante. Une bosse à 500 Hz modifie aussi les fréquences aux alentours de 400 et 600 Hz ! Un facteur dont il faut tenir compte lorsque, par exemple, on corrige un Larsen en baissant fortement le curseur correspondant à l'endroit du spectre où apparaît le phénomène. Même si on n'agit que sur un seul curseur, la correction s'étale sur trois curseurs en tout. Autre aspect peu connu des égaliseurs graphiques : les rotations de phase occasionnées au signal sur chaque bande de fréquences, qui, en se cumulant, peuvent défigurer un son. C'est pour cette raison que sous forme hardware, les égaliseurs graphiques numériques sont très appréciés : la phase y est moins malmenée. Le problème ne se pose pas avec les plug-ins.

III. Traitements de dynamique

Les appareils analogiques, magnétophones à bandes et autres consoles à l'ancienne se montraient tolérants aux éventuels dépassements de niveaux sonores. À l'inverse, les équipements numériques réagissent très mal à ces dépassements en produisant une distorsion dure, très désagréable à l'oreille et irrattrapable au moment du mixage. Il est donc essentiel de maîtriser l'amplitude des signaux destinés à un enregistrement. C'est la raison d'être des traitements de dynamique par ailleurs également utilisés pour des applications plus créatives.

1. Compresseur et limiteur

Le compresseur est sans doute le plus connu des traitements de signaux, et l'un des plus délicats à maîtriser. Son rôle est d'atténuer selon un certain taux (Ratio) le niveau d'un signal, à partir d'un certain seuil (Threshold), en tenant compte d'un temps d'attaque (Attack) et d'une durée de relâchement (Release) précisés à l'avance. On peut ainsi maîtriser automatiquement l'écart entre les niveaux faibles et les niveaux forts d'une voix, d'une caisse claire... ce qui apporte plus de présence au son original.

La réduction de la dynamique « naturelle » d'un signal est intéressante, voire impérieuse, dans la mesure où l'enregistrement et le mixage constituent des processus induisant une écoute artificielle, et cela même si les sons proviennent d'instruments acoustiques. Le volume d'air d'une salle a tendance à amoindrir (« lisser ») les écarts dynamiques entre instruments, dont l'énergie sonore rayonne dans toutes les directions. Par ailleurs, le niveau de bruit de fond d'une salle de concert est faible : les nuances douces se détachent donc parfaitement. À domicile, ce niveau de bruit ambiant est plus élevé, et le niveau maximal admissible bien inférieur à ce qui est possible dans une salle de concert. Pour une écoute confortable, il convient de réduire la dynamique des signaux, tant à l'enregistrement qu'au mixage, sans excès toutefois. Le compresseur est donc un outil indispensable en production musicale. Il s'utilise généralement en insertion, mais ces dernières années, certains l'in-

tègrent au sein d'une boucle départ/retour effet, sur un prémix batterie ou sur tout le mixage. On parle alors de « compression parallèle » : l'idée est de laisser le signal original « libre » sur les passages forts, alors que sur les passages doux, c'est la version compressée, donc plus « efficace », qui domine.

Le limiteur est une variante particulière de compresseur à l'action plus radicale. Son temps d'attaque est très rapide (inférieur à 1 ms), et son action fortement marquée (taux de 10 à 1, voire davantage). Toute utilisation mal dosée se traduit par un son artificiel, écrasé et sans relief. Certains limiteurs, dits Brickwall, garantissent l'absence de tout dépassement du seuil. La mise en tampon du signal audio grâce au traitement numérique permet de mieux anticiper les transitoires (on parle alors de limiteur prédictif, comme le Maximizer [figure 8.23]). L'usage du limiteur est assez rare en production musicale. À l'inverse, il est courant en mastering.

2. Noise gate/expandeur de dynamique

Littéralement « porte anti-bruit », le *noise gate* est un traitement qui coupe le signal dès que son niveau passe en dessous d'un certain seuil. Le temps d'attaque et le relâchement sont paramétrables, sachant que ce réglage doit être précis sous peine de « manger » des attaques, de couper prématurément la retombée d'un son ou de dénaturer totalement l'enveloppe dynamique du son.

Traitement utilitaire, le *noise gate* permet de couper automatiquement un signal, comme si on baissait le fader sur la voie, et d'éviter ainsi des parasites et autres souffles sans intérêt en l'absence de contenu musical « utile ». Les *noise gate* sont également utilisés sur des réverbérations longues, afin de les couper de façon abrupte (le secret du son de batterie de Phil Collins). Désormais, cet effet est directement programmé dans l'algorithme de la réverbération *Gate* elle-même.

Un *noise gate* possède souvent une entrée latérale (*Sidechain*). Cette fois, l'application consiste, par exemple, à « hacher » une nappe de synthé en rythme avec un charley ou une percussion. Un effet recherché dans la musique techno.

L'expandeur de dynamique adoucit la coupure abrupte d'un *noise gate* en atténuant le niveau d'un signal (selon un taux variable) dès que celui-ci passe *au-dessous* d'un certain seuil. La dynamique du son augmente d'autant. La maîtrise de ce type de traitement créatif nécessite une certaine expérience, notamment en ce qui concerne le réglage du seuil et du taux.