

Chapitre 5

Les instruments du musicien MIDI

Si l'instrument acoustique est généralement matérialisé par une seule et même entité physique, l'instrument MIDI se décompose en deux modules bien distincts : le contrôleur et le générateur de son. Le premier transforme les gestes du musicien en messages canaux (note-on, pitch bend, control change, aftertouch...) afin de commander le second, chargé de produire le son. Le dialogue entre contrôleurs et générateurs constitue la première des applications MIDI, celle pour laquelle la norme fut créée à l'origine.

5.1 Les générateurs de son

Le but de ce chapitre n'est pas de détailler l'ensemble des méthodes de synthèse et d'échantillonnage (il existe de nombreux ouvrages sur le sujet), mais de passer en revue les plus répandues.

Comme son nom l'indique, le générateur de son est un appareil capable de délivrer un son, que ce soit par synthèse ou par échantillonnage. Lorsqu'il n'est pas physiquement associé à un clavier, il emprunte le terme générique d'expandeur (*expander*). Quoi qu'il en soit, d'après les règles acoustiques énoncées précédemment (Chapitre 2), tout générateur de son agit sur la hauteur, le timbre et l'amplitude d'une forme d'onde. Voici un bref survol des principales méthodes utilisées.

5.1.1 La synthèse analogique

Les instruments analogiques sont les premiers systèmes de synthèse à avoir vu le jour. Ils travaillent sur une représentation

électrique du son, dont la forme est strictement analogue à celle de l'onde créée. Plus généralement, le terme "analogique" s'applique à toute représentation d'un phénomène physique par un signal électrique (continu), par opposition à un signal numérique (discontinu).

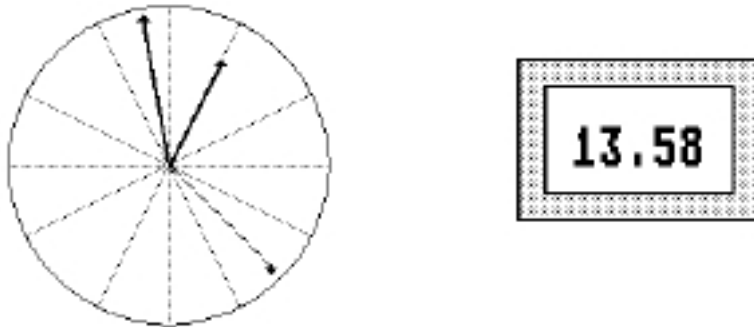


Figure 5.1 : Abstraction faite du déplacement saccadé de la trotteuse par bonds d'une seconde, la montre à aiguilles représente le temps sous forme analogique (mouvement à variation continue), et la montre digitale sous forme numérique (mouvement à variation discontinue). En effet, dans cet exemple, il n'existe aucune valeur intermédiaire entre 13 h 58 mn et 13 h 59 mn.

Fonctionnellement, un synthétiseur analogique est composé de modules. Nous nous contenterons d'examiner les plus courants, à savoir l'oscillateur, le filtre, le générateur d'enveloppe et le LFO.

L'oscillateur

C'est à l'oscillateur qu'incombe la tâche de délivrer la matière première, c'est-à-dire de produire une sonorité brute destinée à être affinée par les autres modules. Relativement limité, il ne génère qu'un petit nombre d'ondes périodiques différentes, dont la fréquence est contrôlée par un signal issu du clavier, représentant à la hauteur de la note jouée. Selon que ce signal est matérialisé par une tension ou une information numérique (par exemple MIDI), l'oscillateur se nomme VCO (pour Voltage Controlled Oscillator) ou DCO pour Digital Controlled Oscillator). L'instabilité de la commande en tension d'un oscillateur est responsable de légers désaccords qui confèrent aux sonorités une "épaisseur" propre aux instruments analogiques.

Sans doute vous rappelez-vous qu'un signal périodique est constitué d'un ensemble de sinusoïdes (ou harmoniques) dont les fréquences sont des multiples entiers du fondamental. Le principe de la synthèse analogique, dite soustractive, consiste à générer un signal périodique riche (composé de nombreux harmoniques), pour ensuite le filtrer (lui retirer des harmoniques

selon les besoins). Les principales formes d'ondes que produisent les oscillateurs sont les suivantes :

- Signal sinusoïdal (*sine wave*) : constitué du fondamental, sans aucun harmonique.
- Signal en dents de scie (*sawtooth wave*) : constitué de tous les harmoniques, d'amplitude inversement proportionnelle à leur rang (l'amplitude d'un harmonique de rang X est égale à $1/X$). Son timbre est assez proche de celui des instruments à cordes.

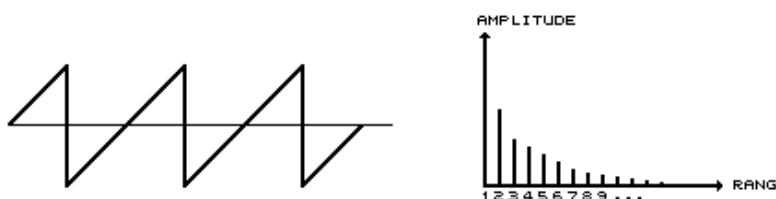


Figure 5.2 : La forme d'onde d'un signal en dents de scie et son contenu harmonique.

- Signal triangulaire (*triangle wave*) : timbre intermédiaire entre le signal en dents de scie et la sinusoïde. L'amplitude des harmoniques décroît rapidement.

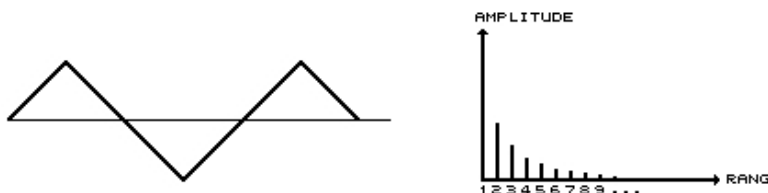


Figure 5.3 : La forme d'onde d'un signal triangulaire et son contenu harmonique.

- Signal carré (*square wave*) : constitué de tous les harmoniques impairs, d'amplitude inversement proportionnelle à leur rang. Son timbre est assez proche de celui de certains instruments à vent.

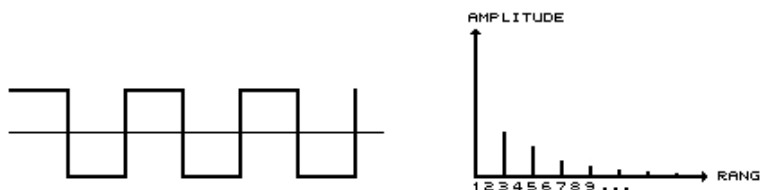


Figure 5.4 : La forme d'onde d'un signal carré et son contenu harmonique.

- Signal rectangulaire ou impulsionnel (*pulse width wave*) : la demi-période d'amplitude positive dure de 50 à quasiment 100 % d'une période, et celle d'amplitude négative, de 50 à quasiment 0 % (le complément). D'une manière générale, le spectre d'un signal impulsionnel à X % (durée de la demi-période d'amplitude positive) est constitué de tous les harmoniques, à l'exception de ceux dont le rang est un multiple entier du dénominateur de la fraction X %, convertie en une fraction de numérateur égal à 1. Ainsi, un signal carré (50 %) comprend tous les harmoniques, à l'exception de ceux dont le rang est un multiple entier de 2 ($50\% = 1/2$). De même, le spectre d'un signal à 33 % comprend tous les harmoniques, à l'exception de ceux dont le rang est un multiple entier de 3 ($33\% = 1/3$). Signalons par ailleurs que le timbre d'un signal impulsionnel à X % équivaut à celui d'un signal impulsionnel à $(100 - X)\%$, qui n'est autre que son opposition de phase.

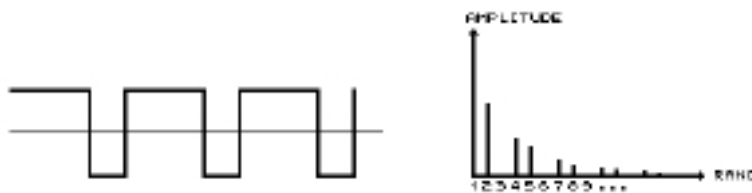


Figure 5.5 : La forme d'onde d'un signal impulsionnel à 33 % et son contenu harmonique.

- Bruit blanc (*white noise*) : signal a périodique dont le spectre est constitué d'un grand nombre de fréquences recouvrant toute l'étendue de la bande passante. Utilisé pour générer des effets spéciaux (tempête, décollage d'avion, etc.) ou simuler certains transitoires d'attaque, par exemple. Sa hauteur est généralement fixe (indépendante de la note jouée au clavier).
- Bruit rose (*pink noise*) : bruit blanc appauvri, s'affaiblissant dans l'aigu à raison de 3 dB par octave (l'énergie est la même tout au long du spectre). On sait en effet que notre perception de l'amplitude diminue de manière logarithmique avec la hauteur. D'où la raison d'être du bruit rose, qui compense ce phénomène et permet ainsi d'obtenir un signal dont le niveau de toutes les fréquences nous semble identique.

Le filtre

En lui ôtant des harmoniques, le filtre confère à la forme d'onde générée par l'oscillateur son timbre définitif. Il existe deux principaux types de filtres : passe-bas et passe-haut. Le premier élimine les aigus, laissant par conséquent passer les graves (LPF

pour Low Pass Filter), tandis que le second élimine les graves, laissant par conséquent passer les aigus (HPF pour High Pass Filter).

La fréquence à partir de laquelle le filtre entre en action se nomme *fréquence de coupure*. Son efficacité, ou raideur de pente, s'exprime en dB par octave. En réalité, un filtre LPF n'élimine pas les harmoniques supérieurs à la fréquence de coupure, mais les atténue d'autant plus qu'ils en sont éloignés. Ainsi, pour une pente de 12 dB par octave, l'amplitude d'harmoniques une, deux et trois octaves plus haut que la fréquence de coupure, diminuera respectivement de 12, 24 et 36 dB.

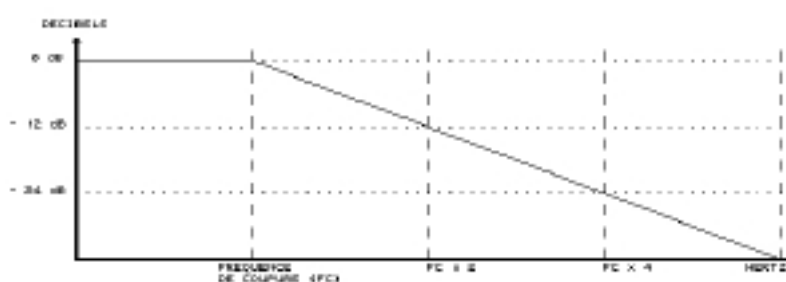


Figure 5.6 : Une courbe de filtre LPF à 12dB/octave.

La valeur de la fréquence de coupure du filtre LPF d'un générateur de son n'est pas absolue (hertz), mais relative (rang harmonique). Elle augmente proportionnellement avec la hauteur de la touche enfoncée, de manière que le timbre conserve la même structure (qu'il soit constitué des mêmes harmoniques), quelle que soit la note jouée au clavier. Selon que cette information de hauteur est matérialisée par une tension ou une information numérique, le filtre se nomme VCF (Voltage Controlled Filter) ou DCF (Digital Controlled Filter). Enfin, les filtres sont capables de produire un effet très particulier, appelé *résonance*, caractérisé par une augmentation de l'amplitude de part et d'autre de la fréquence de coupure.

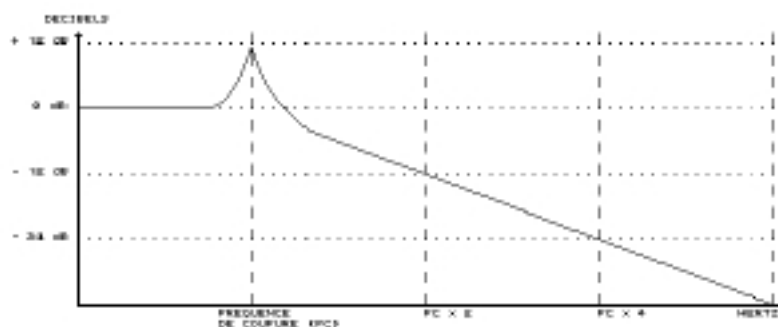


Figure 5.7 : La résonance d'un filtre LPF.

Quant au HPF, il élimine globalement les basses. Sauf exception, sa fréquence de coupure n'évolue pas avec la hauteur. Cependant, si tel est le cas, en conjonction avec le LPF, nous obtiendrons un filtre passe-bande. Plus rares, le filtre coupe-bande jouent un rôle inverse de celui du filtre passe-bande.

L'amplificateur et le générateur d'enveloppe

Par l'intermédiaire du générateur d'enveloppe, ou EG (Envelope Generator), l'amplificateur influe sur le volume du son, non pas de manière statique, à l'image d'un simple potentiomètre, mais dynamique (c'est-à-dire évoluant dans le temps). Selon que le signal en provenance du clavier est matérialisé par une tension ou une information numérique, l'amplificateur se nomme VCA (Voltage Controlled Amplifier) ou DCA (Digital Controlled Amplifier). Contrairement aux signaux acheminés vers l'oscillateur et le filtre, il s'agit là de représenter non plus la hauteur de la note jouée, mais l'état des touches (enfoncées ou relâchées), afin de déclencher l'ouverture et la fermeture du générateur d'enveloppe, destiné à contrôler l'évolution du volume dans le temps. Sous sa forme d'origine, l'enveloppe est constituée de quatre segments : l'attaque (*attack*), la décroissance (*decay*), le soutien (*sustain*) et le (*release*). D'où le terme d'ADSR.

- L'*attack*, premier segment de l'enveloppe, détermine la vitesse à laquelle le son atteint son volume maximal (sa pente est proche de la verticale pour des sons de batterie, plus lente pour des "cordes").
- Le *decay* représente le temps mis par le son pour atteindre le niveau de stabilisation (*sustain*) une fois la phase d'attaque terminée. Par exemple, le volume d'un son de piano progresse rapidement, pour décroître légèrement avant de se stabiliser.
- Le *sustain* ne correspond pas à une pente, mais à un niveau de "maintien", et ne s'applique qu'aux instruments dont la sonorité s'entretient indéfiniment. Ainsi, le son d'un orgue se prolonge tant que la touche correspondante n'est pas relâchée (*sustain*), tandis que celui d'un piano s'éteint progressivement (absence de *sustain*).
- Le *release* influe sur le temps mis par le son pour s'éteindre dès l'instant où il n'est plus entretenu (où la touche est relâchée).

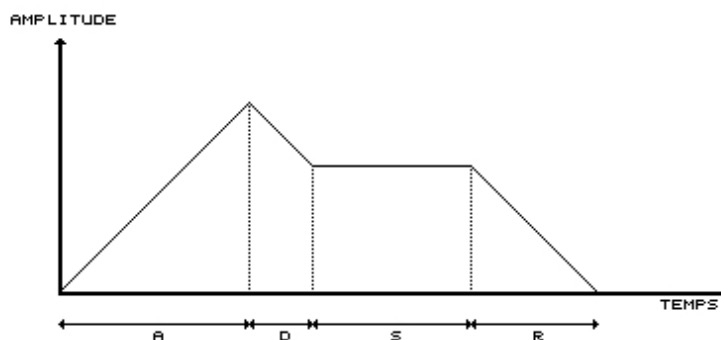


Figure 5.8 : Une enveloppe ADSR.

Les enveloppes des synthétiseurs numériques (étudiés dans le chapitre suivant) sont généralement constituées d'un plus grand nombre de segments, caractérisés chacun par une vitesse ou un temps (*rate, time...*) et par un niveau d'arrivée (*level...*). La vitesse/le temps et le niveau d'un segment en déterminent la pente.

Figure 5.9 : L'enveloppe du synthétiseur numérique Kawai K5 comprend huit segments : attack, decay (quatre segments), sustain (un segment) et release (trois segments). Ses paramètres sont les suivants : rate 1/level 1, rate 2/level 2, rate 3/level 3, rate 4/level 4 (niveau de sustain), rate 5/level 5, rate 6/level 6, rate 7.

Pour la plupart, les synthétiseurs sont capables d'acheminer le signal en provenance du générateur d'enveloppe d'amplitude vers le filtre et l'oscillateur, quand ils ne possèdent pas des enveloppes indépendantes dédiées à ces tâches spécifiques. Dans les deux cas, il s'agit de faire évoluer dans le temps la fréquence de coupure et la hauteur de l'oscillateur.

Le LFO

Le LFO (Low Frequency Oscillator), tout comme l'oscillateur, produit diverses formes d'ondes présélectionnées, ceci à des fréquences comprises entre quelques dixièmes et quelques dizaines de hertz. A la manière des enveloppes, mais ici de manière cyclique, ce signal est destiné à faire évoluer dans le temps différents paramètres : hauteur de l'oscillateur (effet de vibrato), fréquence de coupure du filtre (effet wah wah), volume du son (effet de tremolo), largeur d'impulsion d'une forme d'onde rectangulaire, etc. Une évolution caractérisée par la vitesse (fréquence) et la forme d'onde (carrée, sinusoïdale, en dents de scie, triangulaire, aléatoire...) du LFO.

Le câblage des modules

Sur la plupart des générateurs de son analogiques, signaux audio et signaux de commande sont acheminés d'un module à l'autre selon une configuration préétablie, impossible à modifier. Cependant, deux familles de synthétiseurs font exception à la

règle : les synthétiseurs "patchables" (voire à modulation matricielle), dont les différents modules se "recâblent" en fonction des désirs de l'utilisateur (Korg MS20...), et les synthétiseurs modulaires (Moog System 55, Roland System-100M...), dont la configuration s'élabore en raccordant les uns aux autres autant de modules que nécessaire (VCO, VCF, VCA, LFO...), commercialisés à l'unité.

Sur le plan du timbre, le champ d'investigation des instruments analogiques est quelque peu limité. En effet, outre le nombre restreint de signaux délivrés par l'oscillateur, il s'avère impossible de les modifier avec précision puisque le LPF ne permet pas d'éliminer individuellement tels ou tels harmoniques, mais se contente de les atténuer globalement au-delà de sa fréquence de coupure. En revanche, intimement liée aux imperfections et aux instabilités des traitements électriques, la couleur particulière des synthétiseurs analogiques est extrêmement délicate à reproduire à l'aide de procédés numériques. C'est la raison pour laquelle, en dépit d'une technologie dépassée, ces instruments sont encore très largement prisés. Sous un angle pédagogique, ils présentent l'avantage de mettre en évidence de manière simple et intuitive un certain nombre de principes élémentaires communs à l'ensemble des types de synthèse.

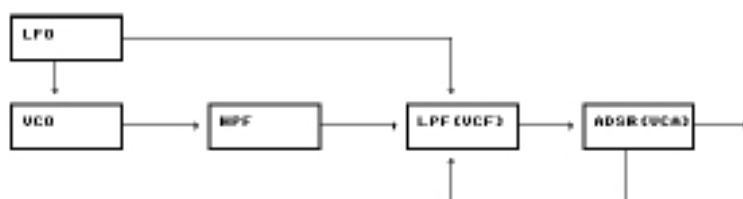


Figure 5.10 : Le schéma fonctionnel simplifié du Juno 106 Roland.