4 DESCRIPTION GÉNÉRALE

Votre MiniBrute est un véritable synthétiseur analogique, c'est à dire que tous les sons sont produits par des circuits électroniques analogiques. Aucune numérisation n'intervient dans la génération, le filtrage ou le contrôle basique du son. C'est une des raisons pour lesquelles MiniBrute crée des sons électroniques riches, animés, « vivants ».

La chaîne de production sonore analogique utilise une approche classique nommée synthèse soustractive. Le générateur sonore de base est une forme d'onde à riche contenu harmonique ; en la filtrant on soustrait certaines harmoniques et crée ainsi de nouvelles variations du timbre originel. Puis un générateur d'enveloppe en conjonction avec un amplificateur contrôlé en tension (VCA) sculpte son niveau sonore dans le temps, créant ainsi la dynamique du signal.

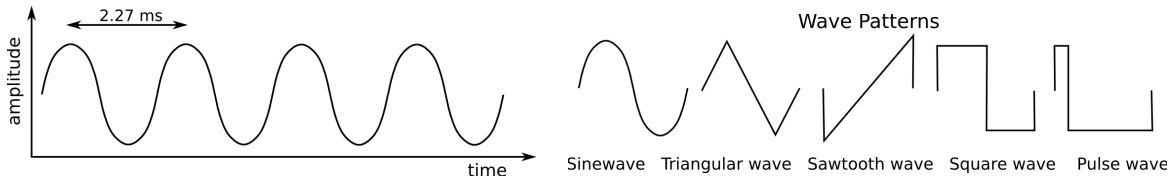
4.1 Architecture d'un synthétiseur analogique

4.1.1 Générateurs de signaux

Les générateurs de signaux sont des circuits qui produisent les formes d'ondes de base pour la création d'un son. Il en existe deux catégories : les générateurs de signaux harmoniques et les générateurs de signaux non-harmoniques.

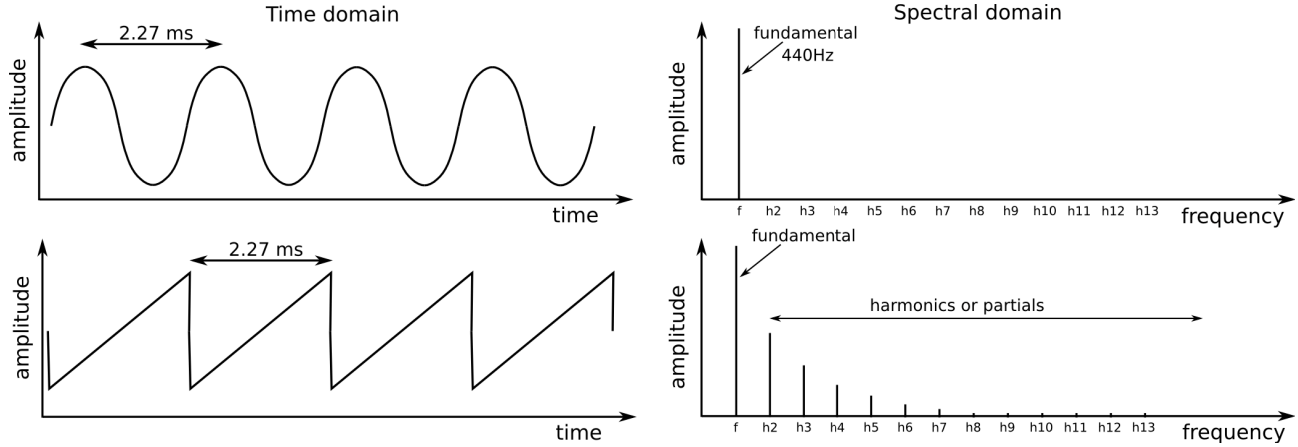
4.1.1.1 Générateur de signaux harmoniques (oscillateur)

L'oscillateur produit un signal électrique caractérisé par un motif répété et de forme constante, appelé forme d'onde. Le nombre de fois que ce motif est répété chaque seconde constitue la fréquence du signal, ou encore sa hauteur musicale *(pitch)*. Par exemple, un motif qui se répète toute les 2,27ms correspond à une fréquence fondamentale de 440 cycles par seconde, ou 440 Hertz (unité de mesure des cycles par seconde, du nom de Heinrich Heinz qui le premier démontra l'existence des ondes magnétiques, abrégée en Hz). Cette fréquence est associée à la hauteur du La central sur le clavier d'un piano. En général, les oscillateurs produisent certaines voire toutes ces formes d'ondes de base : la sinusoïde *(sine),* le triangle *(triangle),* la dent-de-scie *(sawtooth),* le carré *(square)* et la pulsation *(pulse)*.



Si Ces formes d'ondes ont la même fréquence, alors leur hauteur est équivalente. Néanmoins, des formes d'ondes différentes possèdent des timbres différents. Par exemple, la sinusoïde a une sonorité très pure et assez sombre, tandis que celle de la dent-de-scie sera beaucoup riche et claire. En comparaison, le carré sonne un peu comme une clarinette, et la pulsation comme un hautbois.

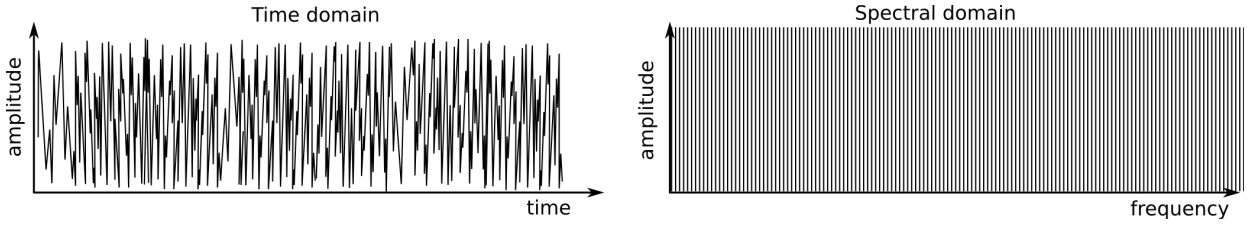
Toutes les formes d'ondes complexes sont en fait fabriquées à partir d'une multitude de sinusoïdes : une onde sinus fondamentale détermine la fréquence de base, et des ondes sinus multiples de cette fréquence (ou harmoniques) qui, lorsque additionnées toutes ensembles, produisent un timbre unique. Ces harmoniques sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale, c'est à dire que la seconde harmonique est le double de la fréquence fondamentale, la troisième harmonique en est le triple, et ainsi de suite.



Des périphériques permettent de contrôler l'oscillateur pour en définir la hauteur du signal (le clavier), ou moduler cette hauteur (le vibrato), ou encore modifier la structure des formes d'ondes (la PWM ou l'Ultrasaw).

4.1.1.2 Générateur de signaux non-harmoniques

A la différence du générateur précédent, le générateur de signal non-harmonique (ou générateur de bruit) ne produit aucun motif régulier ou périodique : l'amplitude su signal varie aléatoirement. Par conséquent, le signal produit ne comporte aucune fréquence fondamentale (donc aucune hauteur), et son spectre harmonique consiste en un nombre quasi-infini de fréquences n'aillant aucune relation harmonique entre elles.

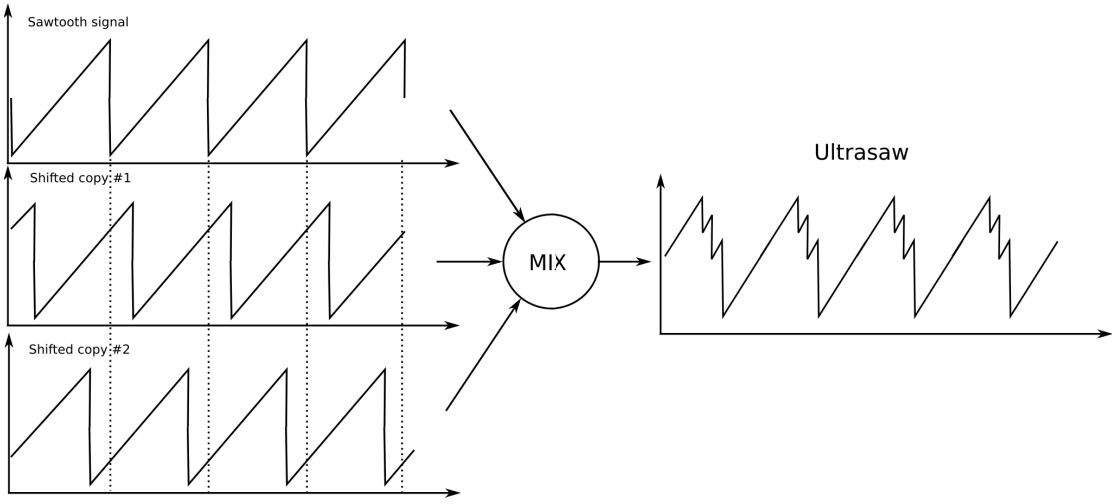


De tels signaux ont une sonorité très différente des signaux harmoniques précédents, et ressemblent plus au son du vent, d'un échappement de vapeur, de la pluie ou d'une chute d'eau, etc.

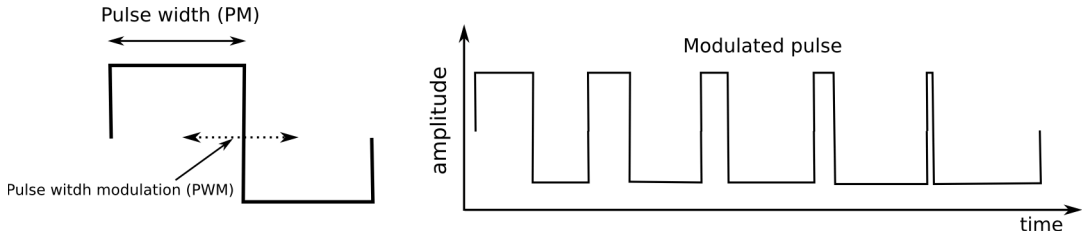
4.1.2 Enrichisseurs de signaux

Les enrichisseurs de signaux (*waveshapers*) transforment ou distordent une forme d'onde de base de l'oscillateur pour en augmenter le contenu harmonique, et le rendre plus brillant et plus riche. Le synthétiseur MiniBrute fournit trois enrichisseurs de signaux, chacun dédié à une forme d'onde particulière :

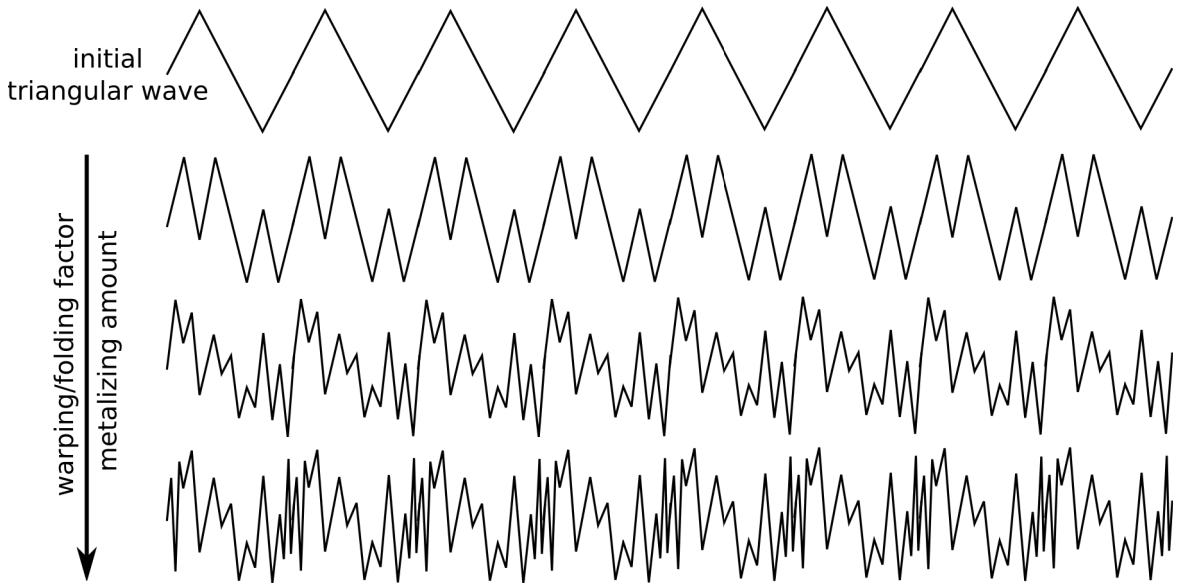
- L'**Ultrasaw** construit deux copies déphasées du signal de dent-de-scie. Ces copies ont des décalages de phase indépendants et en perpétuel mouvement, et peuvent être mélangées à la dent-de-scie originale. Il en résulte un effet d'ensemble riche et vivant, dont le caractère dépend des taux de modulation des copies déphasées.



- La modulation de largeur d'impulsion, ou **PWM** ***(Pulse Width Modulation)***, se base sur l'onde carrée et en change le rapport cyclique, c'est à dire le rapport entre le temps passé au niveau maximum et au niveau minimum. Un carré correspond à un rapport cyclique de 50%. La largeur d'impulsion peut être modifiée de 50% à 90%, permettant ainsi de recréer une large palette d'instruments à vent.



- Le **Metalizer** prend la forme d'onde triangulaire, la plie et la replie pour créer des formes d'ondes à la dentition très complexe, riches en harmoniques élevées. On obtient dès lors des sonorités proches du clavecin ou du clavinet. Une modulation dynamique de ce paramètre (via le LFO ou l'enveloppe) ouvre un univers de sons métalliques résonants, peuplé de ressorts improbables et de tubes qui s'entrechoquent...



4.1.3 Filtres

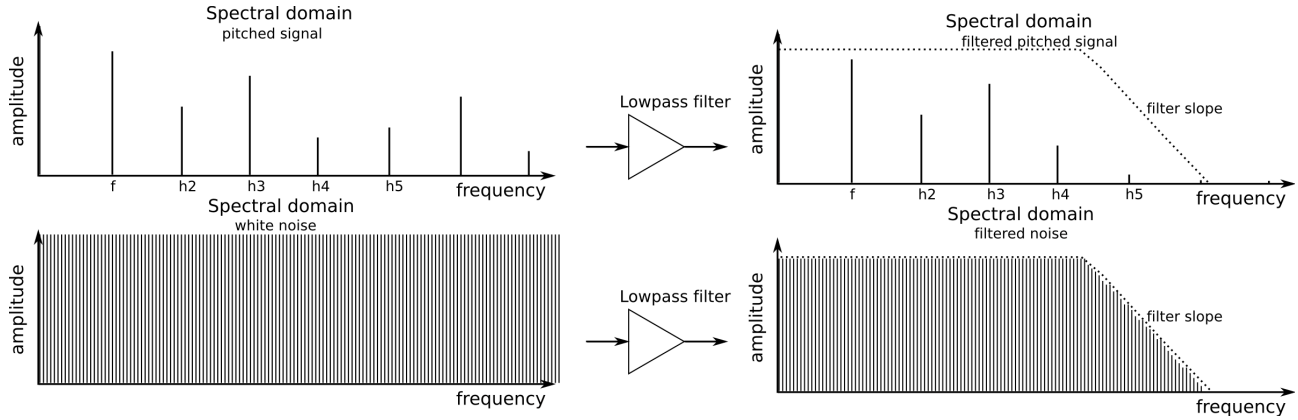
4.1.3.1 Qu'est-ce qu'un filtre ?

De manière générale, un filtre est placé après l'étage de génération des signaux (oscillateur + enrichisseurs), et modifie le contenu spectral du ou des signaux généré(s). Cela peut impliquer à la fois l'atténuation (filtrage) et l'amplification (résonance) de certaines harmoniques, et ces modifications peuvent être statiques ou dynamiques. Les filtres sont des circuits très importants qui contribuent grandement au caractère sonore d'un synthétiseur.

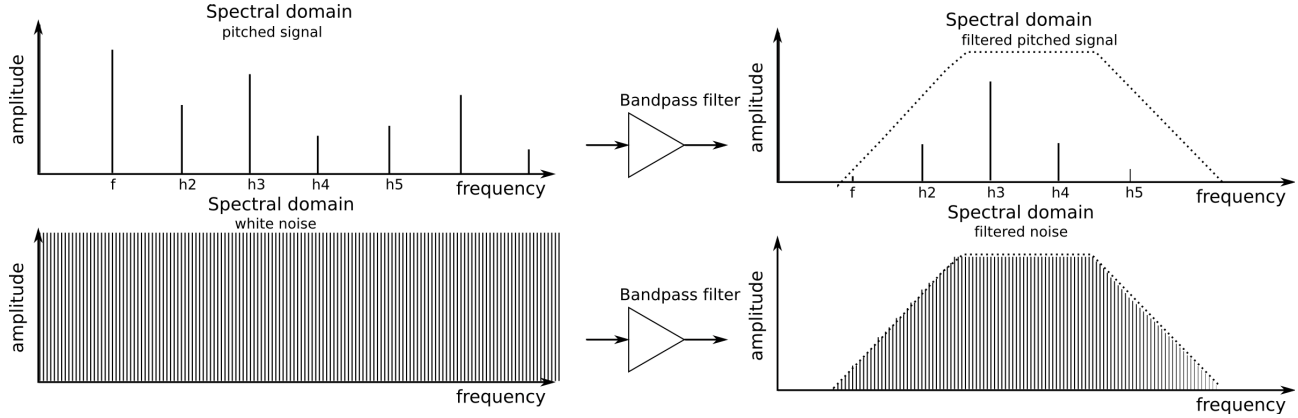
4.1.3.2 Types de filtres : Low-pass, Band-pass, High-pass & Notch

Un filtre peut opérer selon divers modes. Ces modes sont appelés **fonctions de transfert** ou **réponses spectrales**. Le filtre du synthétiseur MiniBrute peut opérer en mode passe-bas *(low-pass)*, passe-bande *(band-pass)*, passe-haut *(high-pass)* ou réjecteur-bande *(notch)*.

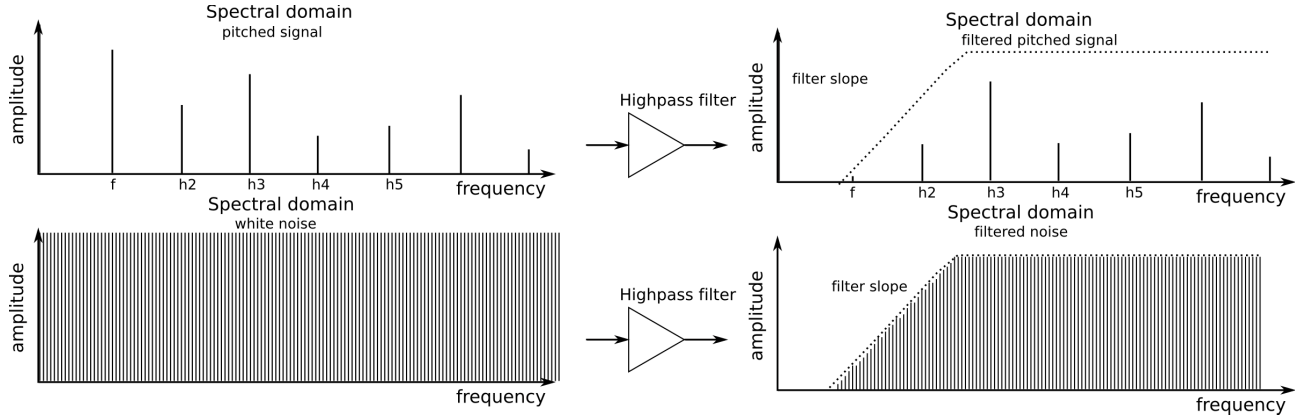
En mode **passe-bas** *(low-pass)*, le contenu harmonique situé en dessous d'une fréquence dite de coupure *(cutoff frequency*, abrégé en *cutoff)* reste inchangé, tandis que toutes les harmoniques au-dessus de cette fréquence sont atténuées. Cette atténuation est fonction de la fréquence : plus l'harmonique est élevée, plus l'atténuation est forte. En d'autres mots, ce mode est appelé passe-bas car il laisse passer les basses fréquences en-dessous de la coupure et réduit les hautes fréquences au-dessus de la coupure. Cette corrélation entre atténuation et fréquence détermine la pente du filtre, laquelle est mesurée en -dB/octave (c'est à dire la quantité d'atténuation appliquée à une harmonique de fréquence double de la fréquence de coupure).



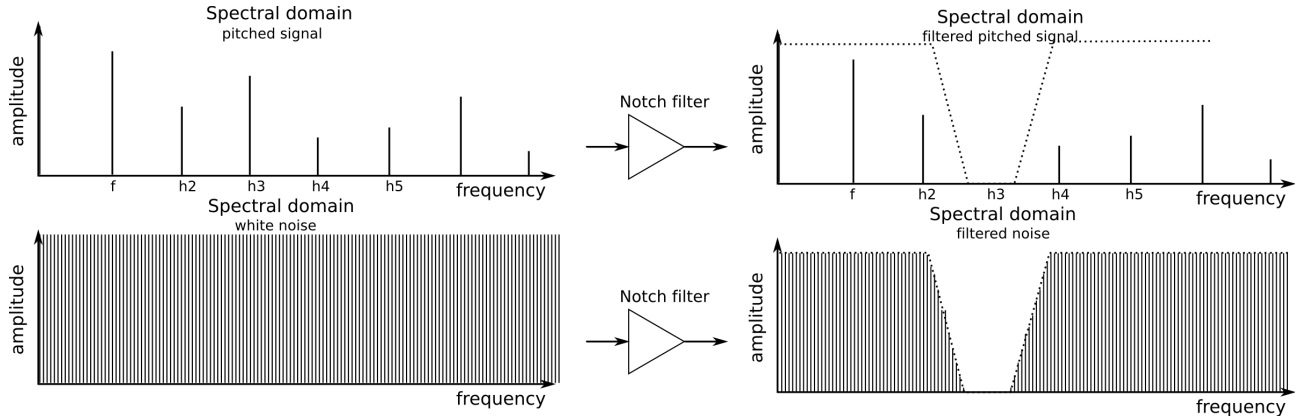
En mode **passe-bande** *(band-pass)*, la fréquence de coupure devient la fréquence centrale de bande. Les harmoniques situées à l'intérieur de cette bande restent inchangées, tandis que celles situées de part et d'autre de la bande sont atténuées fortement.



En mode **passe-haut** *(high-pass)*, les harmoniques au-dessus de la fréquence de coupure restent inchangées, tandis que celles situées en-dessous de cette fréquence sont atténuées.



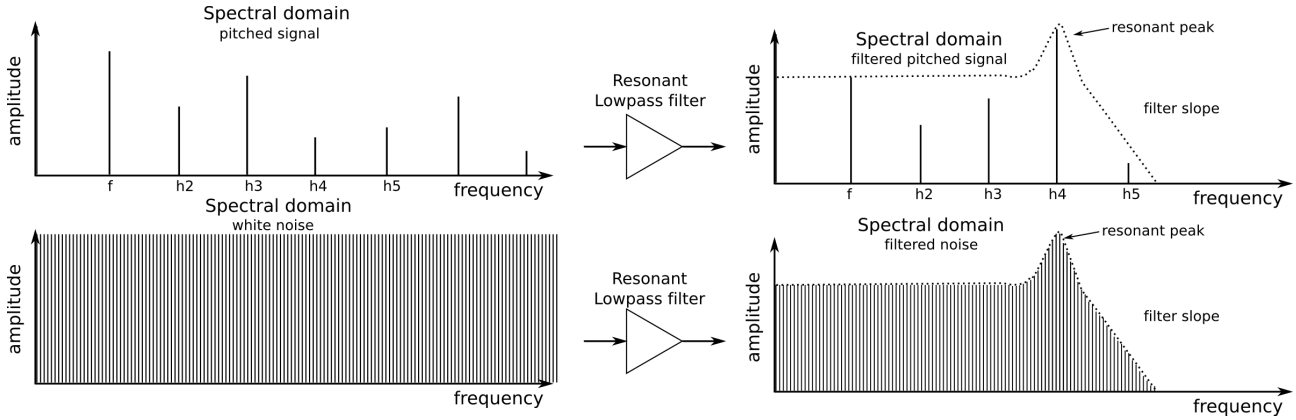
En mode **réjecteur-bande** *(notch)*, la fréquence de coupure devient la fréquence centrale de bande ; mais à l'inverse du passe-bande, les harmoniques à l'intérieur de la bande sont atténuées, tandis que celles situées de part et d'autre de cette bande restent inchangées.



La fréquence de coupure n'a pas à rester statique, la contrôler depuis d'autres périphériques comme le clavier *(keyboard tracking)*, le LFO, le générateur d'enveloppe, ou d'autres contrôleurs, permet de créer d'intéressants timbres changeants, dynamiques.

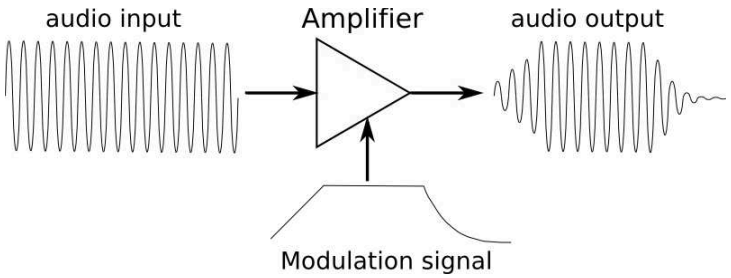
4.1.3.3 Résonance

La résonance est la capacité du filtre à amplifier, à accentuer les harmoniques proches de la fréquence de coupure, créant ainsi une bosse, voire un pic, dans la réponse spectrale. Ce paramètre peut être poussé jusqu'au point où, entrant en auto-oscillation, le filtre ne se comporte plus vraiment comme tel mais plutôt comme un oscillateur : il produit une sinusoïde à la fréquence de coupure.



4.1.4 Amplificateur

L'amplificateur suit généralement le filtre dans la chaîne de synthèse, il détermine l'amplitude générale du signal. Son gain est contrôlable par diverses sources de modulation comme un LFO ou un générateur d'enveloppe, ou toute source externe (comme une pédale d'expression). L'amplificateur sert principalement à sculpter la dynamique d'un son.

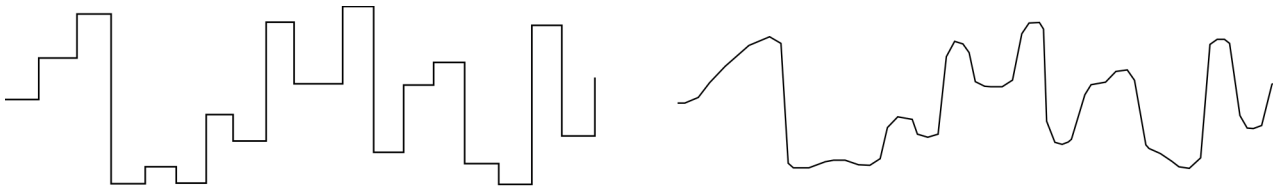


4.1.5 Modulateurs

Les modulateurs fournissent des signaux qui sont conçus précisément pour contrôler le comportement des oscillateurs, des filtres et des amplificateurs. A la différence des oscillateurs audio, les signaux de modulation sont généralement de basse-fréquence . Par exemple, quand vous chantez avec un effet de vibrato, vous appliquez à votre voix avec une modulation de sa hauteur. Autre exemple, sur un amplificateur de guitare, le circuit de tremolo est une modulation du volume de l'instrument.

Les modulateurs sont utiles pour créer des changements de hauteur, des balayages de timbre ou des variations de volume. Les principaux modulateurs sont le LFO (*Low Frequency Oscillator*, oscillateur basse-fréquence) et les générateurs d'enveloppe, mais ils peuvent être également fournis par des sources externes générant un signal de type CV (*Control Voltage*, tension de contrôle) pour la modulation, et de type Gate (interrupteur) pour déclencher/stopper les modulateurs ou les notes.

Un LFO est un oscillateur qui peut produire des formes d'ondes à des fréquences basses, voire très basses (de 0,05Hz à 100Hz). Généralement les formes d'ondes produites sont la sinusoïde, la dent-de-scie, le carré, un signal échantillonné-bloqué et un signal aléatoire lissé. L'amplitude et la polarité (c'est à dire l'effet positif ou négatif) de ces ondes peuvent être ajustées avant leur envoi vers les éléments à moduler.

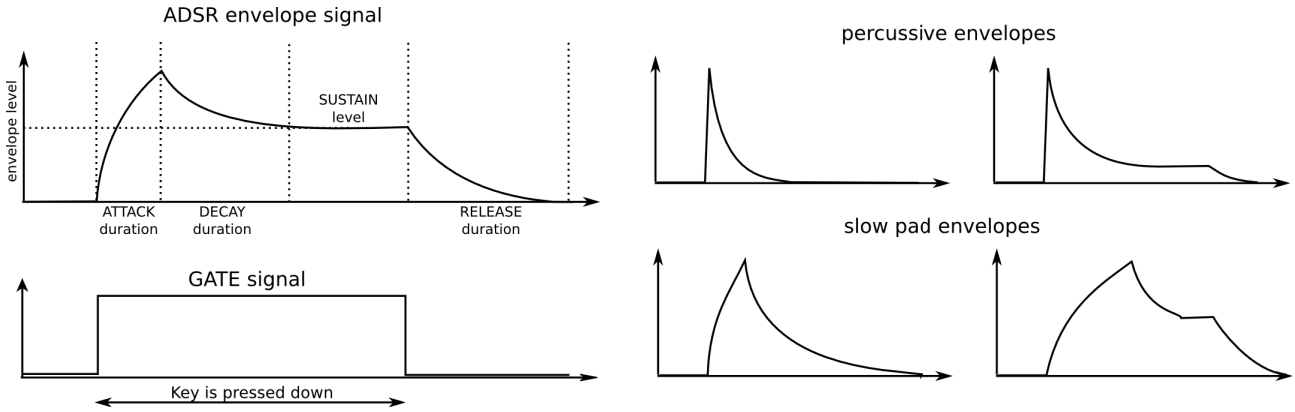


Contrairement à un LFO, un générateur d'enveloppe (ou générateur d'ADSR, pour *Attack-Decay-Sustain-Release*) ne fournit pas de motif répétitif, mais est déclenché par le clavier ou par un signal externe sur l'entrée Gate. Un appui sur une note du clavier ou un signal de *gate* déclenchent un signal évoluant en 4 étapes différentes :

- La phase d'attaque ***(attack)*** commence à l'appui sur une touche ou l'apparition d'un signal de *gate*, et détermine le temps pris par l'enveloppe

pour aller du niveau zéro au niveau maximal. Ce temps est compris entre 1 milliseconde et 10 secondes.

- La phase de décroissance *(**decay**)* détermine le temps pris pour aller du niveau maximal au niveau de maintien (voir le point suivant). Ce temps est compris entre 1 milliseconde et 10 secondes.
- La phase de maintien *(**sustain**)* commence dès la fin du temps de décroissance, et conserve un niveau constant de l'enveloppe tant que la touche du clavier reste enfoncée ou qu'un signal de *gate* reste appliqué. Le niveau de maintien s'ajuste de zéro jusqu'à la valeur maximale de l'enveloppe.
- Enfin, la phase de relâchement *(**release**)* commence dès que la note cesse d'être jouée ou la disparition du signal de *gate*, et détermine le temps pour que le niveau passe du maintien à zéro.



4.1.6 Interface de jeu

Pour jouer de votre synthétiseur, vous avez besoin d'une interface de jeu. Le synthétiseur MiniBrute fournit un clavier de type piano de 2 octaves. Au-delà d'offrir un moyen de jouer des notes, ce clavier fournit des contrôles additionnels pour ajouter quelque expressivité :

- L'**Aftertouch** génère un signal correspondant à la pression appliquée sur une touche après avoir été enfoncée. Vous pouvez utiliser ce signal pour moduler le vibrato, la fréquence de coupure du filtre, ou d'autres paramètres.
- La vélocité (**Velocity**) correspond à la dynamique de votre jeu, et pareillement à l'*aftertouch*, peut être appliquée comme source de modulation à de multiples paramètres.
- La **Transposition** permet de décaler par octave l'étendue des notes du clavier, couvrant ainsi un total de 6 octaves.
- La molette de **Pitch Bend** permet de modifier en temps-réel la hauteur des notes, tout comme un guitariste appliquerait des *bends* sur les cordes de sa guitare.

- La molette de **Modulation** permet de doser en temps-réel la modulation vers différents paramètres. Par exemple, en l'actionnant vous pouvez ajouter du vibrato ou modifier la fréquence de coupure du filtre.
- Un arpégiateur (**Arpeggiator**) automatise la création de séquences de notes répétées.

D'autres façons de contrôler le synthétiseur sont possibles grâce au protocole MIDI et aux signaux externes CV/Gate.

4.1.7 Entrées et sorties

Pour entendre les sons produits par le synthétiseur MiniBrute, sa sortie audio doit être connectée à un amplificateur audio, soit directement soit via une console de mixage ; vous pouvez également brancher un casque sur la sortie prévue à cet effet.

En ce qui concerne le contrôle, le synthétiseur MiniBrute accepte les signaux de contrôle en tension en provenance de matériels comme un séquenceur pas-à-pas analogique ou un synthétiseur modulaire analogique. Un contrôleur MIDI (pad de batterie électronique, contrôleur à vent) ou un séquenceur MIDI peuvent également piloter le synthétiseur, tout comme un signal audio provenant d'un microphone ou d'une guitare électrique.

Les moyens de contrôler (ou d'être contrôlé par) d'autres instruments sont fournis par les entrées et sorties **MIDI In** et **Out**, l'entrée audio externe (**External Audio Input**), les entrées et sorties **CV GATE IN** et **CV GATE OUT**, situées sur la face arrière du synthétiseur.