

Reconstruction harmonique d'une forme d'onde

1 - Objectif

On veut additionner le fondamental et les 4 premiers harmoniques d'une forme d'onde. On commence par une forme d'onde en "dent de scie" (premier exemple du cours "Sons purs et harmoniques").

Chaque harmonique (et le fondamental) sera produit par un SUBTRACTOR avec le patch "sinus.zyp" (onde sinusoïdale pure).

Chaque module SUBTRACTOR sera suivi d'une "ligne de délai numérique DDL-1" qui permet de retarder la forme d'onde du SUBTRACTOR d'une durée indiquée en milliseconde.

Les réglages des DDL-1 sont : UNIT = MS, Feedback = 0, PAN = 0, DRY/WET = 127.

On obtient un retard nul avec le bouton "bypass" (contournement de la ligne de délai).

2 - Réalisation

Partir d'un rack vide. Insérer un "combinator". Insérer dans ce combinateur :

- une table de mixage,
- (un subtractor suivi d'une ligne de délai DDL-1) \times 5 (1 pour chacun des 5 sons qui vont être additionnés dans la table de mixage).

Charger le patch "sinus" dans chaque subtractor. Renommer au besoin chaque subtractor (1, 2, 3, 4, 5). Vérifier qu'ils produisent un son (clavier affecté au combinateur dans le séquenceur).

3 - Réglage des fréquences

On reconstitue la dent de scie pour la note DO₀ (note très grave, presque inaudible). La période de la sinusoïde est voisine de 30 ms (oscilloscope : base de temps 10 ms/carreau et 3 carreaux horizontalement sur l'écran). Ceci correspond à une fréquence $f_1 = 1 / (30 \text{ ms}) = 33 \text{ Hz}$.

Réglage du SUBTRACTOR 1 qui joue la fondamentale :

SUB 1 : OCTAVE : 3 DEMI-TON : 0 CENT : 0

S'assurer que la transposition du clavier permet bien de jouer le DO₀.

Le premier harmonique a une fréquence $f_2 = 2 \times f_1$. Ce son (DO₁) est une octave au dessus de DO₀. Réglage du SUBTRACTOR 2 qui joue le premier harmonique :

SUB 2 : OCTAVE : 4 DEMI-TON : 0 CENT : 0

Le deuxième harmonique a une fréquence $f_3 = 3 \times f_1$. C'est presque le SOL₁ (7 demi-tons au dessus du DO₁), mais 1,95 centième de demi-ton au dessus. Réglage du SUBTRACTOR 3 qui joue le deuxième harmonique :

SUB 3 : OCTAVE : 4 DEMI-TON : + 7 CENT : + 2

Le troisième harmonique a une fréquence $f_4 = 4 \times f_1$. C'est le DO₂, deux octaves au dessus du DO₀. Réglage du SUBTRACTOR 4 qui joue le troisième harmonique :

SUB 4 : OCTAVE : 5 DEMI-TON : 0 CENT : 0

Le quatrième harmonique a une fréquence $f_5 = 5 \times f_1$. C'est presque le MI₂ (4 demi-tons au dessus du DO₂) mais 13,68 centièmes de demi-ton plus bas. Réglage du SUBTRACTOR 5 qui joue le quatrième harmonique :

SUB 5 : OCTAVE : 5 DEMI-TON : + 4 CENT : - 14

Vérifier que l'onde se déforme au cours du temps lorsqu'on additionne les harmoniques, si on n'effectue pas les corrections des centièmes de demi-ton : le son n'est plus périodique et le timbre varie en même temps (jouer le DO grave sur le clavier).

4 - Réglage des amplitudes

On règle l'amplitude de SUB 1 (le fondamental) à 60 mV (la sinusoïde va de - 60 mV à + 60 mV), soit 3 carreaux verticalement de part et d'autre du 0, avec le calibre 0,020 V/carreau soit 20 mV/carreau sur l'oscilloscope. Ceci doit correspondre à un son ni trop fort ni trop faible dans les écouteurs.

Le calcul de la décomposition en harmoniques d'une **dent de scie** montre que les amplitudes des harmoniques sont :

$A_1 = 60 \text{ mV}$ (c'est ce qu'on vient de choisir arbitrairement pour le fondamental),

$A_2 = \frac{A_1}{2} = 30 \text{ mV}$ pour le premier harmonique,

$A_3 = \frac{A_1}{3} = 20 \text{ mV}$ pour le second harmonique,

$A_4 = \frac{A_1}{4} = 15 \text{ mV}$ pour le troisième harmonique,

$A_5 = \frac{A_1}{5} = 12 \text{ mV}$ pour le quatrième harmonique.

Régler ces amplitudes en regardant l'oscilloscope et en rendant "solo" chacun des 5 SUBTRACTOR successivement.

5 - Réglage du retard de chaque sinusoïde

On peut très facilement essayer de reconstituer deux types de dent de scie à partir des réglages précédents :

- l'onde peut monter très vite et redescendre lentement,
- l'onde peut monter lentement et redescendre très vite.

Ceci est obtenu en modifiant le retard dans chacune des 5 lignes de délai DDL-1 qui suit chaque SUBTRACTOR.

En pratique, on s'aidera des figures 1 à 5 du cours "Sons purs et harmoniques" pour la dent de scie.

On rend solo le SUBTRACTOR 1, qui aura sans doute le nom DELAI 1 dans la table de mixage. On fixe le retard à 0 ms pour le fondamental dans le DELAI 1 avec le bouton "bypass".

On **ajoute** en solo le SUBTRACTOR 2 (DELAÏ 2) et on règle soit en "bypass" soit en modifiant le retard en milliseconde pour que l'onde vue sur l'oscilloscope ressemble à la figure 2 (ou à la courbe symétrique suivant la dent de scie qu'on cherche à reconstituer).

On ajoute successivement de cette façon les 5 subtractors en réglant les 5 retards, pour obtenir les figures 1 à 5, qui se rapprochent de plus en plus de la dent de scie.

Remarque : on peut être amené à jouer deux fois rapidement la note DO grave pour bien voir la dent de scie (petit problème dans Reason ? ...)

On notera que le son dépend considérablement des retards choisis, et bien sûr des amplitudes A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 choisies aussi.

6 - Obtention d'une onde carrée

On s'appuie sur les figures 1, 2, 3 du cours "Sons purs et harmoniques" pour l'onde carrée : il suffit de modifier $A_2 = 0$ et $A_4 = 0$, et de régler les retards pour SUB 3 (fig. 2) et SUB 5 (fig.3).