

23-Filtres de type variable

Dans le dernier tutoriel, nous avons introduit quelques filtres de base dans MSP. Ce didacticiel examine deux nouveaux objets filtres: *biquad* ~, qui peut créer n'importe quel type de filtre simple, et *cascade* ~, qui permet de créer et de gérer plusieurs filtres indépendants dans un seul objet. Nous verrons également un objet d'interface utilisateur qui nous aide à éditer ces filtres de manière intuitive.

Filtres biquadratiques

- Regardez le patcheur du tutoriel. Comme dans le dernier tutoriel, la zone **1** consiste en un système de lecture en boucle qui joue un *buffer* ~ en utilisant l'objet *groove* ~. Activez l'audio, augmentez la boîte de *nombre* 'Dry Volume', cliquez sur une note dans le *kslider* et assurez-vous que vous entendez un son. Notez que l'original a trois zones spectrales distinctes: une basse profonde et une batterie sur les croches, des accents de cuivres sur les temps forts et des harmoniques brillantes de cuivres et de cordes.

Jetez un coup d'œil à la zone **2** du tutoriel. Le son de l'objet *groove* ~ alimente un objet appelé *biquad* ~. Il s'agit d'un filtre à usage général qui peut être réglé pour pratiquement n'importe quelle configuration, simplement en ajustant un ensemble de paramètres appelés *coefficients*. Baissez le "Dry Volume" et augmentez la boîte de *nombre* intitulée "Biquad Volume". Cliquez sur les différents boutons dans l'objet *preset* en haut de la zone de patcheur **2** et écoutez les changements dans le son. Le type de filtre et les paramètres critiques sont affichés juste en dessous de l'objet *preset*, ainsi qu'un affichage graphique de la réponse en fréquence.

- . Le réglage **lowpass** supprime les aigus de la percussion et retire la brillance des cuivres. La ligne de basse est maintenant la partie la plus forte du son.

- . Le réglage **highpass** supprime entièrement les basses et ne laisse qu'un fantôme des cuivres. Les partiels aigus de la basse et de la percussion finissent par sonner comme des maracas.

- . Le réglage **passé bande** élimine principalement les cuivres et les cordes médianes.

- . Le réglage **bandstop** (notch) laisse un trou au milieu. (Il est accordé sur G dans la clé de sol.)

- . Le réglage **peaknotch** accentue le matériau directement à 500 Hz (C en clé de sol), faisant ressortir les fondamentales des cuivres et des cordes aiguës. Comme il ne supprime rien, il s'agit plus d'une égalisation que d'un réglage de filtre. Nous verrons la fonction de notch dans la section suivante.

- . Le réglage **lowshelf** est un autre type d'égalisation. Au lieu de rejeter entièrement les fréquences les plus basses, comme le fait le passe-haut, la plage située en dessous de la fréquence de coupure peut être augmentée ou réduite, et tout ce qui se trouve dans la plage active est affecté de la même manière (avec une transition d'une octave environ). Le réglage ici est une amplification typique des basses hi-fi.

- . Sans surprise, le **highshelf** est le complément du lowshelf. Les deux sont des éléments clés des égaliseurs standard.

. Le réglage de **resonant** est un filtre passe-bande étroit. Les égaliseurs graphiques sont constitués d'une douzaine de filtres résonants ou plus, chacun étant affecté à la couverture d'une octave ou moins du spectre.

. Le réglage **allpass** a un son fuassement normal. La réponse en fréquence est plate, mais la phase change, ce qui devient audible lorsque vous mélangez le signaux allpass et le signal dry. Le changement de phase est de 90° à la fréquence centrale.

L'objet *filtergraph* ~

L'objet qui montre la réponse en fréquence du patcheur de l'objet *biquad*~ s'appelle un *filtergraph*~. Il nous permet de régler graphiquement les paramètres d'un filtre *biquad* ~ avec la souris. Le mouvement gauche-droite règle la fréquence ou la bande passante du filtre et le mouvement haut-bas règle le gain. En outre, vous pouvez envoyer des messages à un objet *filtergraph* ~ pour régler ses paramètres ainsi que pour changer le type de filtre qu'il affiche. Chaque fois que vous apportez une modification à l'objet *filtergraph* ~, il génère un ensemble de coefficients sous la forme d'une liste Max que l'objet *biquad* ~ interprète pour réaliser l'équation de filtre équivalente. La boîte de *message* située sous le *filtergraph* ~ dans le patch nous montre ces coefficients.

- À l'aide de l'objet *umenu*, sélectionnez un filtre passe-bas dans le *filtergraph* ~. A l'aide de la souris, cliquez et faites glisser dans la région encadrée au milieu de la réponse du filtre. Vous pouvez régler la fréquence de coupure du filtre ainsi que son gain global. Cliquez sur les bords de la boîte et faites glisser vers l'intérieur et l'extérieur. Cela vous permet de régler le Q ou la résonance du filtre. Plus la boîte est étroite, plus la résonance est élevée. Les valeurs que vous créez (en termes de fréquence de coupure, de gain et de pente) sont visibles dans les objets des boîtes de *nombre*s situées à droite de l'objet.
- Familiarisez-vous avec l'interface utilisateur de l'objet *filtergraph* ~ en sélectionnant différents types de filtres dans l'umenu et en les faisant glisser pour jouer avec les paramètres. Notez que le gain affecte tout sur certains types de filtres et la *stopband* sur d'autres. Vous constaterez également que vous pouvez faire en sorte que certains filtres sifflent ou résonnent avec des réglages de Q élevés. (Attention: certaines combinaisons de gain élevé et de Q élevé peuvent produire des bruits de saturation ds haut-parleurs.)
- Une dernière chose à essayer. Réglez le mode **allpass**, augmentez le volume du son dry pour qu'il corresponde au volume du biquad et déplacez rapidement la fréquence centrale. Entendez-vous l'effet des changements de phase dans le signal mélangé ?

Notez que *filtergraph* ~ est connecté à la deuxième entrée du *biquad* ~. Si nous déverrouillons le patcheur et ouvrons l'inspecteur pour l'objet *filtergraph* ~, nous pouvons éditer les types spécifiques de filtres pour lesquels il génère des coefficients; de plus, nous pouvons modifier le nombre de filtres gérés et certaines caractéristiques de l'interface utilisateur. A l'inverse, si vous préférez travailler avec des filtres sans interface utilisateur, l'objet MSP *filtercoeff* ~ prend les mêmes paramètres que l'objet *filtergraph* ~ sans composant graphique, ce qui vous permet de fournir des coefficients à un objet *biquad* ~ sans avoir à représenter le filtre vous-même.

Filtres en série: *cascade* ~

Un filtre *biquad* ~ est extrêmement polyvalent, mais il est finalement limité sur un point: la quantité de filtrage que vous obtenez. Si vous regardez l'affichage de *filtergraph* ~, vous verrez que la pente ultime (hors de la zone de la boîte) est relativement douce: 12 dB par octave pour les passe-bas et les passe-haut et seulement 6 dB par octave sur la bande passante. Si nous voulons un filtrage plus

intense, nous devons faire passer le signal par un plus grand nombre de filtres. De plus, nous voulons souvent une réponse plus complexe, avec un contrôle indépendant sur plusieurs fréquences. Vous pouvez facilement enchaîner les objets *biquad*~ (ou d'autres filtres) à la main, ou vous pouvez utiliser un seul objet qui crée et gère jusqu'à 24 filtres différents disposés en série: *cascade* ~.

- Baissez le 'Volume Biquad' et portez votre attention sur la zone **3** du patcheur de tutoriel. Augmentez la valeur de la boîte de *nombre* «Volume en cascade» et cliquez sur les différentes sélections dans l'objet *preset*. Remarquez comment le son change. À l'aide la boîte de *nombre* intitulé 'Sélectionnez un filtre', envoyez le message **selectfilt 0** au *filtergraph* ~ dans cette partie du patcheur. Changez la boîte de *nombre* en **1**, **2**, **3** et **4** et voyez comment les différents filtres composants du *filtergraph* ~ se mettent en évidence. Les paramètres de chacun de ces filtres sortent également de l'objet, en réglant les objets de la boîte de *nombre* à droite.

Comme nous pouvons le constater, l'objet *filtergraph* ~ est capable de maintenir l'état de plus d'un filtre et de nous montrer quelle serait la réponse en fréquence de ces filtres s'ils étaient connectés en série. L'objet *cascade* ~ prend un signal dans son entrée gauche et un ensemble de coefficients dans sa droite, interprétant chaque liste entrante comme des ensembles de 5 valeurs, un ensemble pour chaque filtre.

- Choisissez un paramètre prédéfini que vous aimez pour l'objet *cascade* ~. Sélectionnez un filtre à modifier avec le message **selectfilt** et faites glisser votre souris dans le *filtergraph* ~ pour modifier le filtre. Remarquez comment les filtres interagissent les uns avec les autres. Par exemple, un filtre passe-bas réglé à la même fréquence qu'un filtre passe-haut s'annulent mutuellement. De même, un filtre passe-bande peut être placé sur la «pente» d'un filtre passe-bas pour simuler un point de résonance.

Si nous déverrouillons le patcheur et ouvrons l'inspecteur pour l'objet *filtergraph* ~, nous pouvons éditer les types spécifiques de filtres pour lesquels il génère des coefficients; en outre, nous pourrions modifier le nombre de filtres gérés et certaines caractéristiques de l'interface utilisateur. A l'inverse, si vous préférez travailler avec des filtres sans interface utilisateur, l'objet MSP *filtercoeff* ~ prend les mêmes paramètres que l'objet *filtergraph* ~ sans composant graphique, ce qui vous permet de fournir des coefficients à un objet *biquad* ~ ou à *cascade* ~ sans avoir à représenter le filtre vous-même.

Sous le capot de *biquad* ~

Dans le dernier tutoriel, nous avons vu comment les filtres pouvaient être exprimés sous forme d'équations, par exemple:

$$y_n = 0.5x_n + 0.5y_{n-1}$$

Les valeurs **0,5** dans l'équation ci-dessus définissent les gains respectifs des différents échantillons utilisés dans le filtre. Si nous voulions un filtre plus flexible, nous pourrions généraliser ce filtre de sorte que ces nombres soient variables, par exemple:

$$y_n = Ax_n + B y_{n-1}$$

En modifiant les valeurs de **A** et **B**, nous pourrions contrôler la réponse en fréquence de ce filtre. Bien que les mathématiques derrière cette opération dépassent le cadre de ce didacticiel, il est généralement vrai que plus on donne d'énergie à l'échantillon de sortie retardé (le terme y_{n-1}), plus la sortie est lisse et plus les hautes fréquences sont supprimées.

Une tactique assez standard en conception de filtres numériques consiste à créer une équation de filtre qui peut exécuter n'importe quel type d'opération de filtrage standard (passe-bas, passe-bande, etc.) sur un signal d'entrée. L'implémentation la plus courante de cette méthode est appelée **équation de filtre biquadratique** (ou **biquad**). Elle consiste en l'équation suivante:

$$y_n = Ax_n + Bx_{n-1} + Cx_{n-2} - Dy_{n-1} - Ey_{n-2}$$

Cette équation utilise l'échantillon entrant (x), les deux derniers échantillons entrants et les deux derniers échantillons sortants (y) pour générer son filtre. (Un autre terme pour un filtre biquadratique est un filtre à **deux pôles et deux zéro**, car il possède quatre coefficients de retard pour affecter son comportement.) En ajustant les cinq coefficients (A, B, C, D, E), vous pouvez générer toutes sortes de filtres.

Résumé

L'objet *biquad* ~ implémente une équation de filtre générique qui peut modéliser la plupart des types de filtres simples. Comme il attend des coefficients pour l'équation du filtre, il est souvent utile de l'utiliser en conjonction avec un autre objet qui calculera ces nombres. L'objet *filtergraph* ~ est un objet d'interface utilisateur qui vous permet de construire visuellement des filtres simples et complexes de nombreux types.; l'objet *filtercoeff* ~ accomplira la même chose, sans l'interface utilisateur. L'objet *cascade* ~ agit comme un groupe d'objets *biquad* ~ disposés en série, et vous permet de construire facilement des courbes de filtres composées dans votre patcheur.