

Temps réel et traitement du son

Arts et créations sonores

ENSA de Bourges

16-17 avril 2014

Martin Laliberté

Université de Paris-Est Marne-la-Vallée

Laboratoire *LISAA*

Equipe CCAMAN

Introduction

Une formation en 4 parties :

- 1- Enjeux et théorie du traitement du son en temps réel

- 2- Logiciels interactifs Principes de base
- 3- Traitements interactifs

- 4- Travaux dirigés

Enjeux et théorie du traitement du son en temps réel

- a) Principes et brève histoire de l'interactivité
- b) Max et la norme MIDI
- c) Rappels acoustiques
- d) MSP et Synthèses du son
- e) Principes du traitement du son
- f) Max et l'interactivité
- g) Traitement de l'image avec Jitter

1- c) Brève historique de l'interactivité et de ses enjeux

Voir le tableau historique photocopié

En exemples sonores

1- c) De nouveaux instruments ?

Grâce à l'électricité, on cherche à inventer de nouveaux instruments.

1- nouvelles solutions aux problèmes acoustiques traditionnels

2- de véritables nouvelles sonorités/interfaces

Les premiers essais sont curieusement conservateurs (néo-instruments électromécaniques):



Valse sentimentale au Theremin
Tchaikovsky



Oraison aux Ondes
Messiaen



Concertando rubato
au Trautonium
Sala

Auxquels il faudrait ajouter des exemples de guitare électrique ou d'orgue Hammond



Promenade 1
Moussorgsky/Emerson



Blues Variations
Emerson

L'exemple de Theremin est le plus évident mais on remarque bien l'influence du modèle vocal : continuité, mélodisme,

...

Toutefois, l'application est incomplète : le theremin ou les ondes n'ont pas du tout la souplesse timbrique de leur modèle, bien que leurs interfaces soient intéressantes

1- c) Bruitisme et mixité électroacoustique

Ces tentatives seront vite dépassées par des musiciens plus aventureux, volontiers bruitistes :



Etude aux chemins de fer

Schaeffer 1948



Williams Mix

Cage, 1952



Poème Electronique

Varèse, 1958



Elektronische Studie II

Stockhausen, 1953

Ils rejoignent ici, de façon assez satisfaisante, le modèle percussif et son goût pour les timbres riches et inharmoniques. Ils sont aussi en meilleure phase avec l'évolution générale de la musique contemporaine en faveur du timbre et du rythme.

Par ailleurs, et rapidement, les « principes » des musiciens issus de l'« écriture » classique vont être remis en cause par l'expérience proprement initiatique du studio. De l'opposition de l'école concrète de Paris (plutôt percussive) et de l'école électronique de Cologne (plus vocale) naîtra la fusion électroacoustique.



Gesang der Jünglinge

Stockhausen, 1956

1- c) *Informatique musicale*

En parallèle, l'ordinateur se fait rapidement musicien. Il balbutie un peu au début mais en 10 ans trouve sa voix, riche et séduisante.



A bicycle built for two
Mathews, 1961



Mutations
Risset, 1969



Turenas
Chowning



Sud
Risset 1982

Le croisement avec les techniques du temps réel analogique finira par être possible après 1980.



Répons
Boulez, 1984



Pluton
Manoury, 1992



Aube, adieu...
Laliberté, 1992

La liste deviendra rapidement assez longue.

1- c) *Live electronics*

Le travail de studio était tellement riche, que les compositeurs ont eu rapidement envie de tenter la chose sur scène et d'améliorer l'ergonomie de leurs outils. Autour de 1960, le synthétiseur analogique fait son entrée en scène.



Cindy Electronium
Scott (Moog), 1959



Spacecraft
MEV, 1967



Silver Apples of the Moon
Subotnick, 1968

Dans le domaine populaire, très peu de temps plus tard :



The Sage
Lake, 1971



The Old Castle
Emerson, 1971



The Curse of Baba Yaga
ELP, 1971

La liste deviendra rapidement assez longue.

1- c) Brève historique de l'interactivité et de ses enjeux

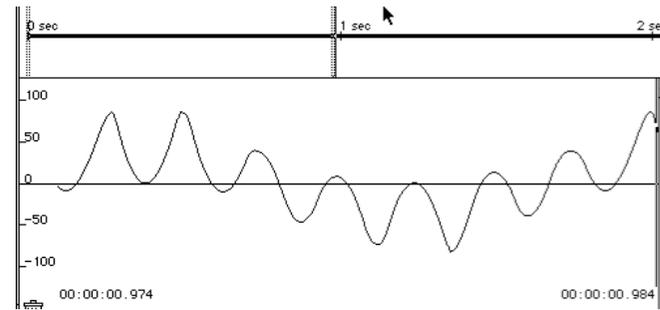
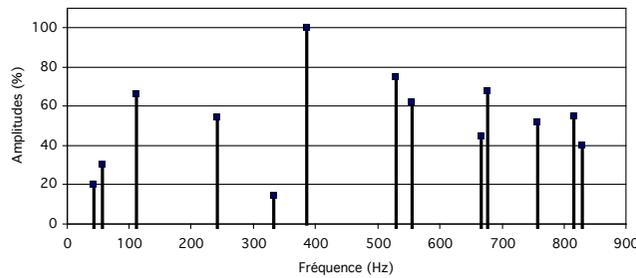
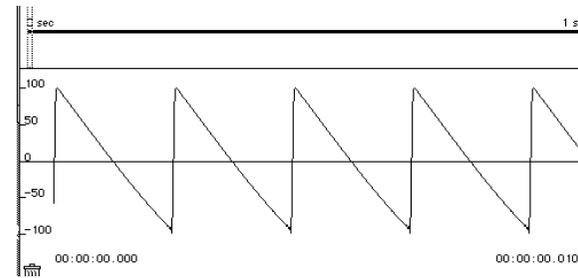
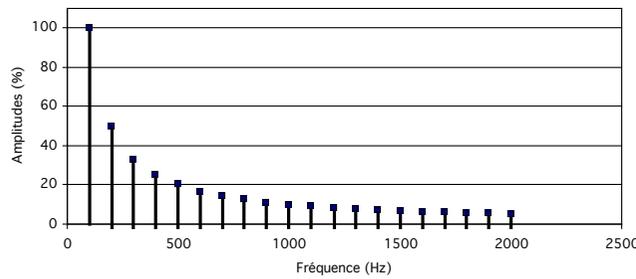
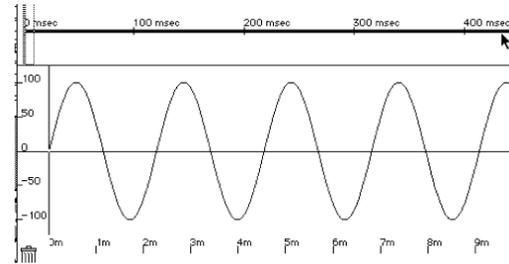
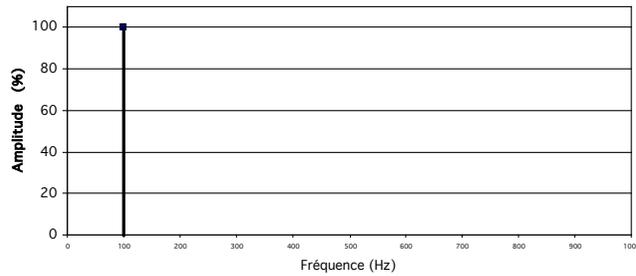
Conclusions

- 1- Les musiciens bénéficiaient depuis toujours d'instruments de musique interactifs
- 2- Les nouvelles technologies électriques sont venues diversifier les sons et possibilités mais pas bouleverser cette relation : approches néo-instrumentale
- 3- Les principaux créateurs de 1948-1960 ont préféré le studio, plus riche et plus flexible, moins traditionnel dans son approche et dans ses sonorités
- 4- Après 1960, le matériel analogique, synthétiseurs, guitare électrique et effets, a permis de reprendre le travail en direct (sur scène et en studio) mais se montrait souvent capricieux et pauvre. C'est la période du « Live electronics » et des groupes de jazz-rock ou de rock progressif aux dispositifs complexes (Pink Floyd, Herbie Hancock, Zappa).
- 5- L'informatique musicale (1955-80) s'est révélée très fiable et précise mais a du longtemps attendre le temps réel et sa part de spontanéité, de « machinal » créatif : les années 1980-2000

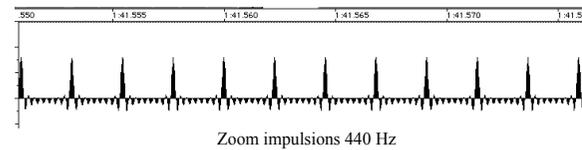
1- a) Rappels acoustiques

Domaine de la notation musicale	Domaine physique acoustique
Hauteur [en notes et octaves]	Fréquence [en Herz = cycles par seconde] (= 1/Période)
Durée [en figures de notes]	Durée [en secondes]
Intensité dynamique [en niveaux standardisés de <i>ppp</i> à <i>fff</i>]	Amplitude [en décibels]
Timbre [en ????	Spectre [dosage des différents partiels à un instant donné, représentation hors temps]
Timbre aussi	Forme d'onde [représentation dans le temps]
Qualité de l'attaque, de la fin du son, de sa partie stable...	Enveloppe [comportement d'une quantité dans le temps]

1- a) 2 Spectres et formes d'ondes

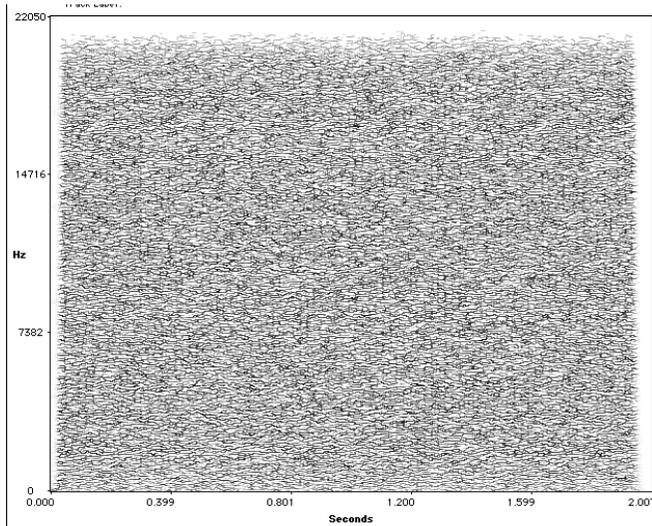


Sinus, dent-de-scie, forme inharmonique et impulsions
« Voyelles »

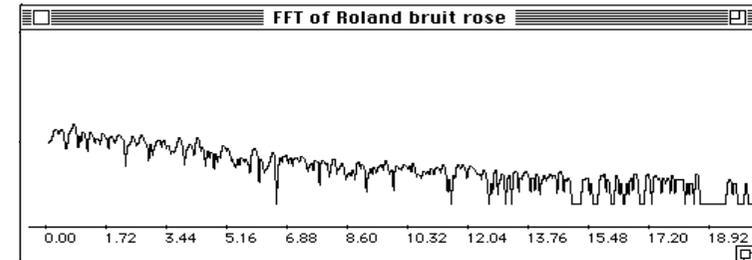


Max synthétiseur additif

1- a) 4 Bruits



Sonagramme de bruit blanc

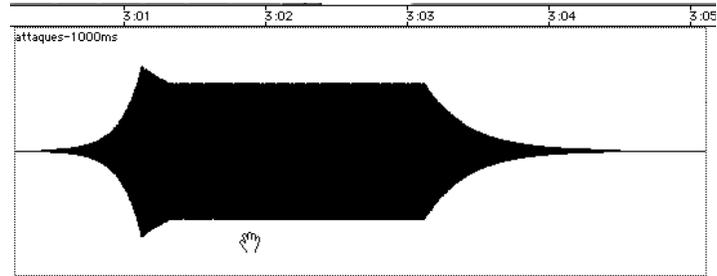


Spectre d'un bruit « rose », amplitude $1/f$

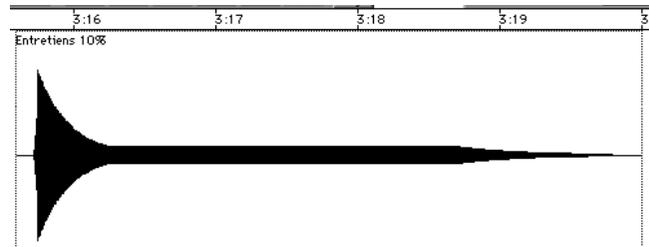
Masses « statistiques », peu formées
« Consonnes »

Max synthétiseur additif

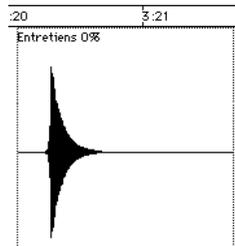
1- a) 4 Animer le tout ? Enveloppes dynamiques !



Ex 38 Enveloppe dynamique ADSR, attaque 1000 ms et entretien 80%, chute finale 1000ms



Entretien 10%



Entretien 0%

Max synthétiseur additif

Effets interactifs

Principes de base

- objectif : manipuler les paramètres d'effets en temps réel et/ou de façon contrôlée
- Implique trois niveaux :
 - Des interfaces de contrôle : clavier, souris, joystick/pad, consoles etc.
 - Un logiciel interactif programmable
 - Des patches et modules dont les paramètres sont contrôlables en direct ou en différé
- Point le plus critique : mise en relation (mapping) techniquement adéquate et musicalement sensible

1- b) Principes du traitement du son

Quatre domaines du son :

- La *hauteur*
- Le *temps/durée*
- L' *intensité*
- Le *timbre* (au sens de spectre)

Entraînent, évidemment, quatre familles de traitement du son, trois groupes d' « effets » :

- Les harmoniseurs, transpositeurs et les vibratos
- Les délais, échos et réverbérations, voire les *flanging, chorus, phasing*
- Les compresseurs, limiteurs, expanseurs et les trémolos
- Les filtres et wah-wah, voire les *flanging, chorus, phasing*

1- b) 1 effets de hauteur du son

Les différents effets affectant la hauteur du son portent des noms divers :

transpositeurs, harmoniseurs et autres générateurs de vibratos. En anglais : pitch shift, transposer, harmonizer, vibrato.

Leur fonction est de modifier la hauteur de manière légèrement différente :

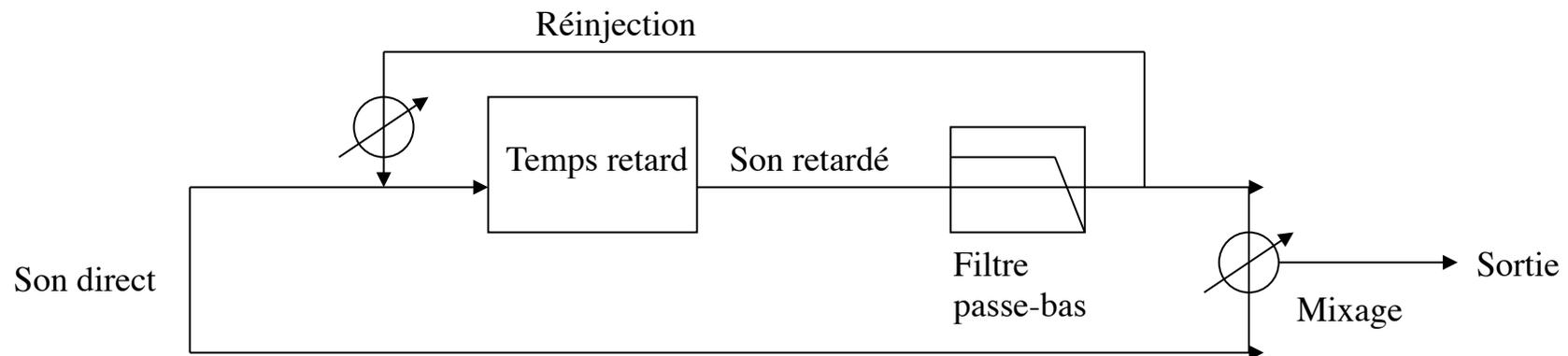
- Les transpositeurs transposent tout le son d'un intervalle musical choisi, en 1/2 ton et, souvent, centièmes de 1/2 ton au-dessus ou en-dessous de la note transposée. Ex : on transpose un son une octave au dessous pour obtenir la voix de Darth Vader.
- Les harmoniseurs font de même mais conservent la note originale, de sorte qu'un intervalle ou un accord soit obtenu. Ex. On harmonise une note en lui ajoutant une quinte supérieure, une tierce supérieure et une octave inférieure. Cela forme un accord usuel.
- Ces effets, du moins dans leurs versions numériques, ne changent généralement pas la durée du son (en fait, il y a correction de durée). Les effets analogiques équivalents changeaient la durée en fonction de l'intervalle
- Le générateur de vibrato (LFO) fait trembler le son en variant périodiquement la hauteur du son. On peut en spécifier la vitesse, l'intensité (intervalle) et, parfois, la forme. Ne pas confondre avec le trémolo ou le wah-wah.

1- b) 2 effets de temps ou durée

Les différents effets affectant le temps sont tous des variantes de « délais » ou de « lignes numériques à retard ».

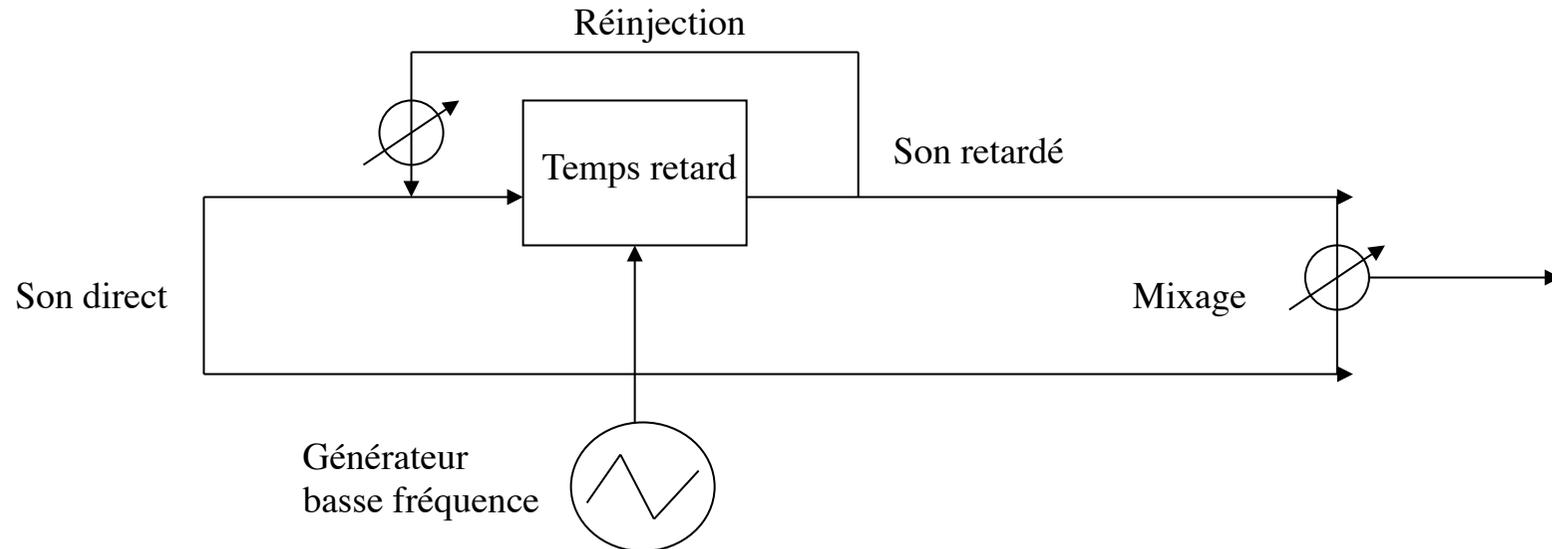
Leur fonction est de retarder un son avant de le laisser jouer. Les variantes :

- Le plus important est le délai, proprement dit, connu aussi sous le nom d'écho. On prend un son, on le met en mémoire un certain temps (temps de délai) et on le laisse jouer. Ses paramètres : temps de retard, mixage son direct/son retardé, quantité de réinjection (feedback). Parfois aussi filtre. L'écho naturel est simulé par un temps de retard moyen et un peu de réinjection (Echo, echo, echo).



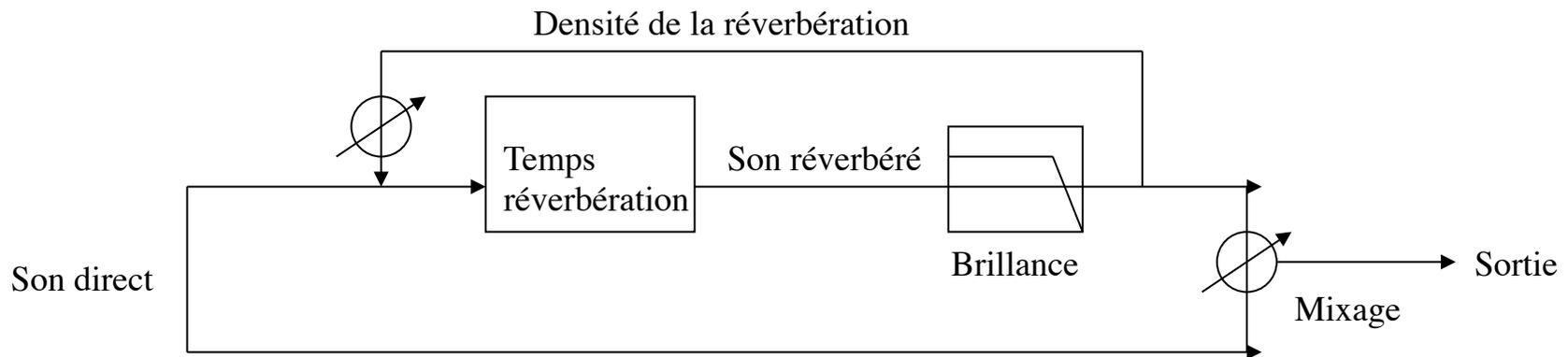
1- b) 2 effets de temps ou durée

- 2 Lorsque l'on ajoute un oscillateur à basse fréquence venant moduler le temps de retard, cela provoque des transpositions du son retardé, une sorte de vibrato, qui vient à son tour interagir avec le son direct, non transposé. En fonction du temps de retard, très court, court ou moyen, cet effet s'appelle flanging, phasing, chorus, battements ...



1- b) 2 effets de temps ou durée

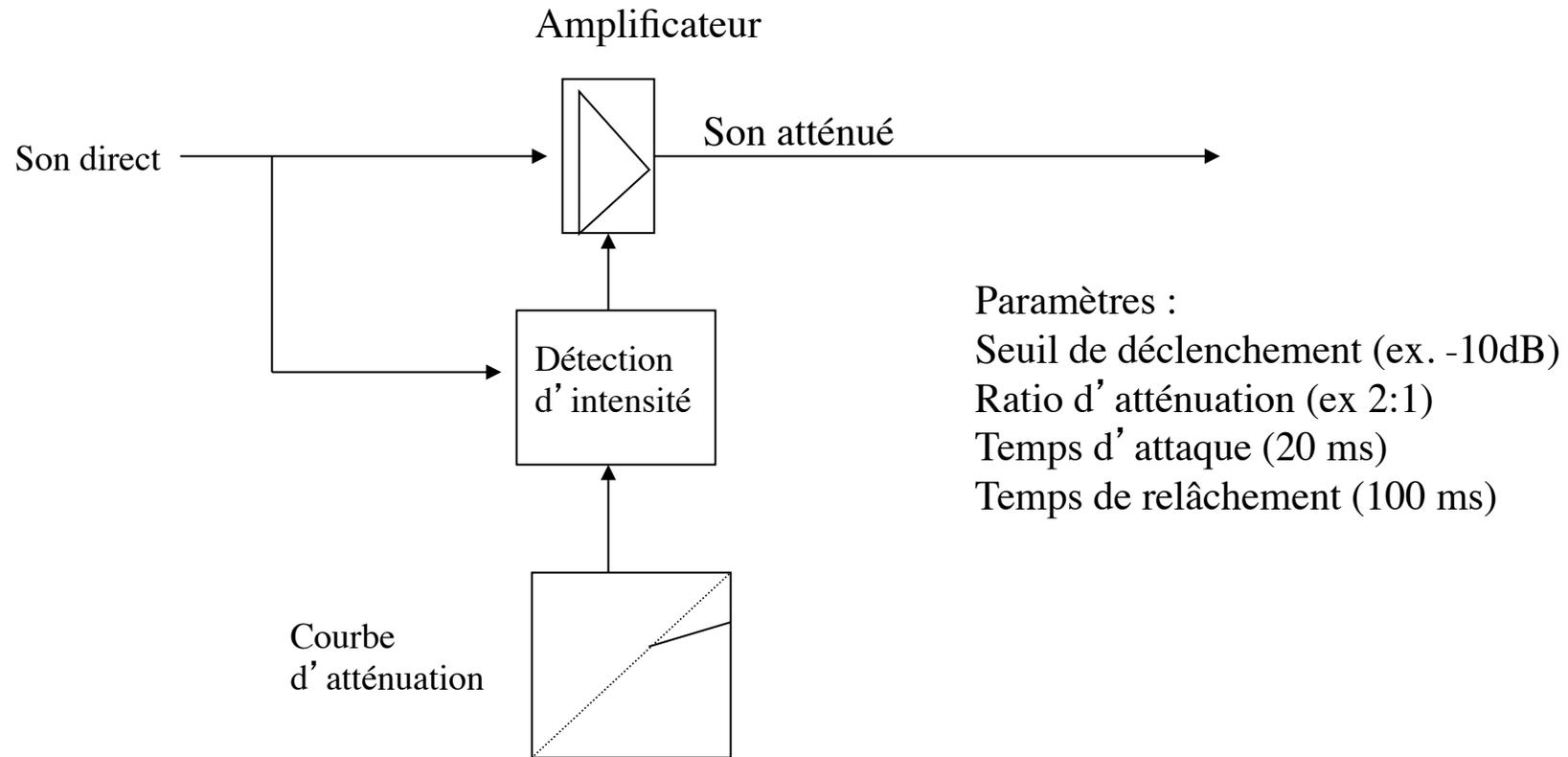
- 3 Le même dispositif, avec un retardateur qui diffuse le son, le rend flou devient un réverbérateur. Ses paramètres changent un peu de nom :



On trouve parfois une ligne à retard supplémentaire, avant la réverbération : le pré-délai

1- b) 3 effets d'intensité

Le principal effet d'intensité est le compresseur. Il s'agit d'un amplificateur servo-contrôlé qui atténue les sons dépassant une certaine intensité.



1- b) 3 effets d'intensité

Le compresseur atténue les intensités dépassant le seuil de déclenchement par le ratio d'atténuation. Si celui-ci est modéré (1.5:1 -> 10:1), on parle de compresseur. Si celui-ci est élevé (40:1, 80:1), on parle de limiteur.

Le compresseur et le limiteur servent à dompter les écarts de dynamique trop importants : atténuer les pics dynamiques pour augmenter le niveau moyen.

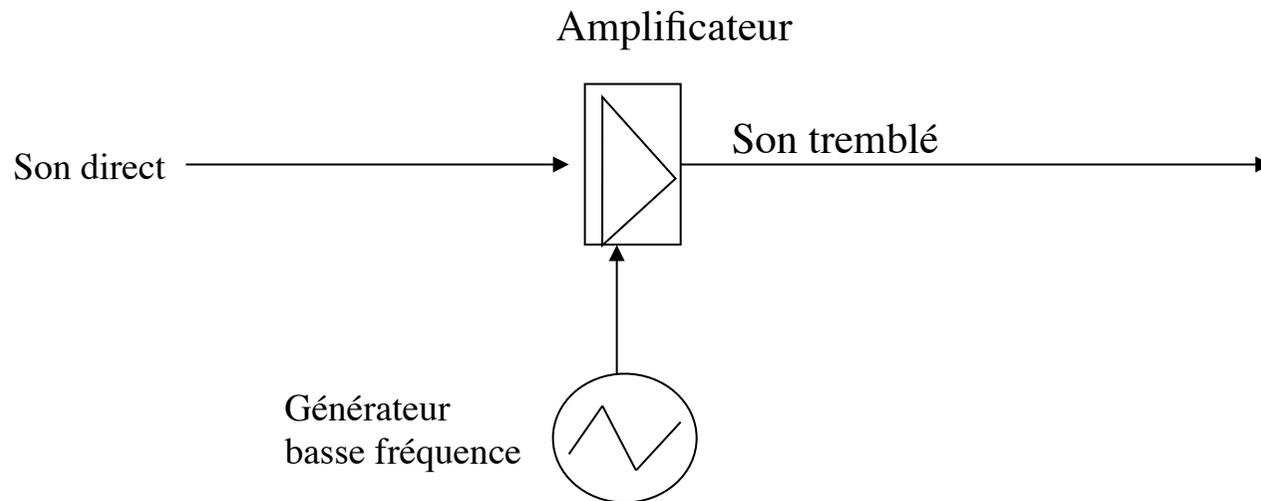
Si, au contraire, le dispositif amplifie les intensités au delà du seuil, on parle alors d'un expasseur. Valeurs typiques : seuil bas à -40 dB, ratios inversés (1:5).

Cela sert à donner une plus grande plage dynamique à des sons monotones et inexpressifs ou à certains effets d'atténuation du bruit.

Les temps d'attaque et de relâchement servent à moduler un peu l'entrée en fonction et l'arrêt du dispositif, nuances plus flexibles et expressives.

1- b) 3 effets d'intensité

Le trémolo, est tout différent : c'est un amplificateur modulé par un générateur à basse fréquence. Il produit un tremblement de l'intensité du son.

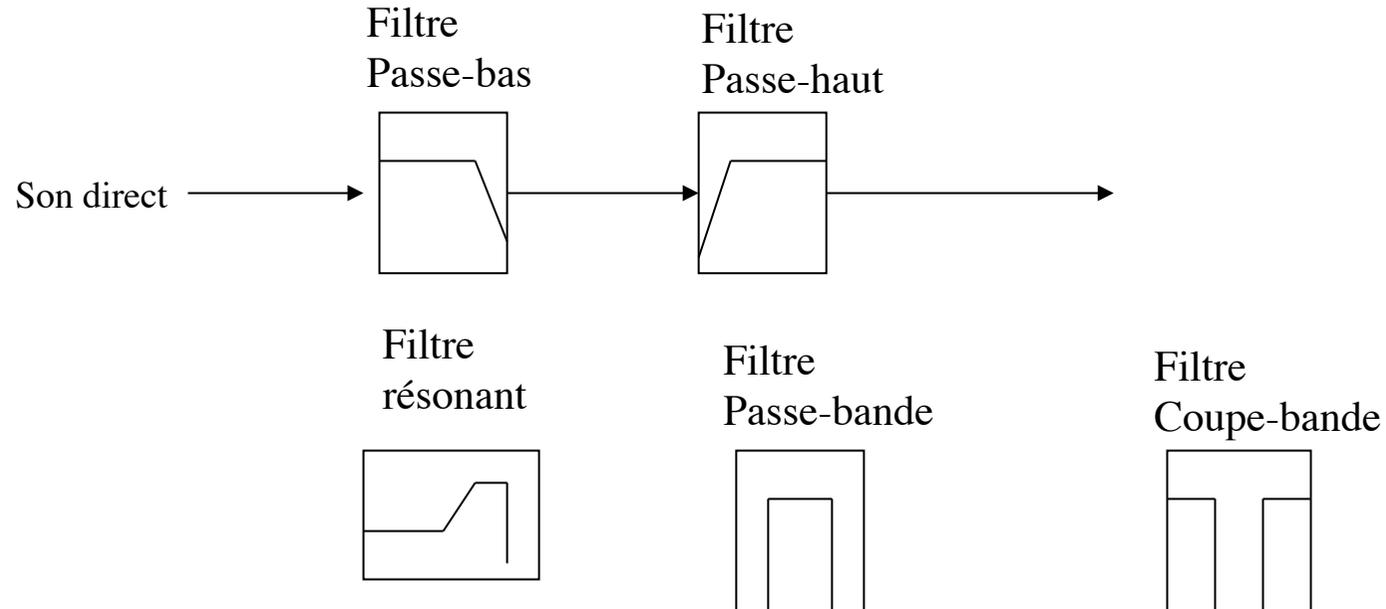


1- b) 4 effets de timbre

Les filtres sont des amplificateurs/atténuateurs sélectifs en fonction de la fréquence. Ils servent surtout à atténuer certaines plages de fréquences spécifiques. Le passe-bas coupe l'aigu, le passe-haut coupe le grave, le passe-bande coupe les extrêmes et le coupe-bande creuse un trou au milieu du son.

Paramètre principal : la « fréquence de coupure » ou « fréquence centrale » détermine la fréquence à laquelle le filtre commence à atténuer le son.

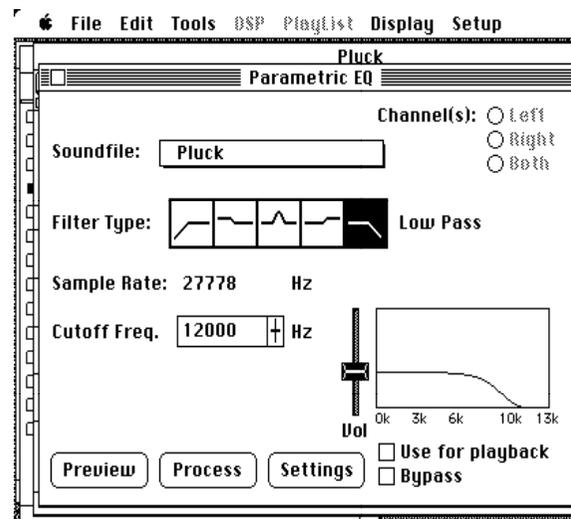
Autres paramètres : la raideur de la pente (indice de qualité Q), ou la largeur de bande. Certains filtres passe-bas très raides (filtres IIR) peuvent entrer en résonance et comporter une importante « bosse » spectrale.



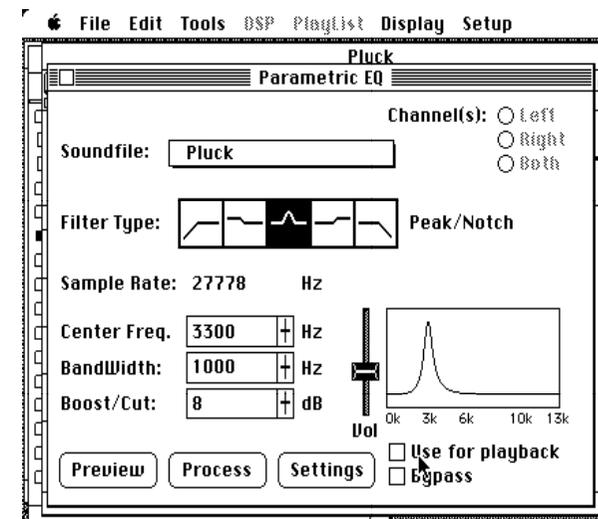
1- b) 4 effets de timbre

Les filtres existent en différentes configurations :

- 1 Filtres simples passe-haut, passe-bas
- 2 Filtres paramétriques : filtres passe-bande à largeur de bande variable et fréquence centrale variable
- 3 Bancs de filtres « égaliseur graphique » : plusieurs passe-bande/coupe-bande à fréquences fixes dont l'intensité d'action est contrôlé par un curseur linéaire. C'est l'outil du sonorisateur de salle
- 4 Filtres de chaîne Hi-fi : variantes « à plateau » (shelving) de passe-haut, passe-bas et passe-bande



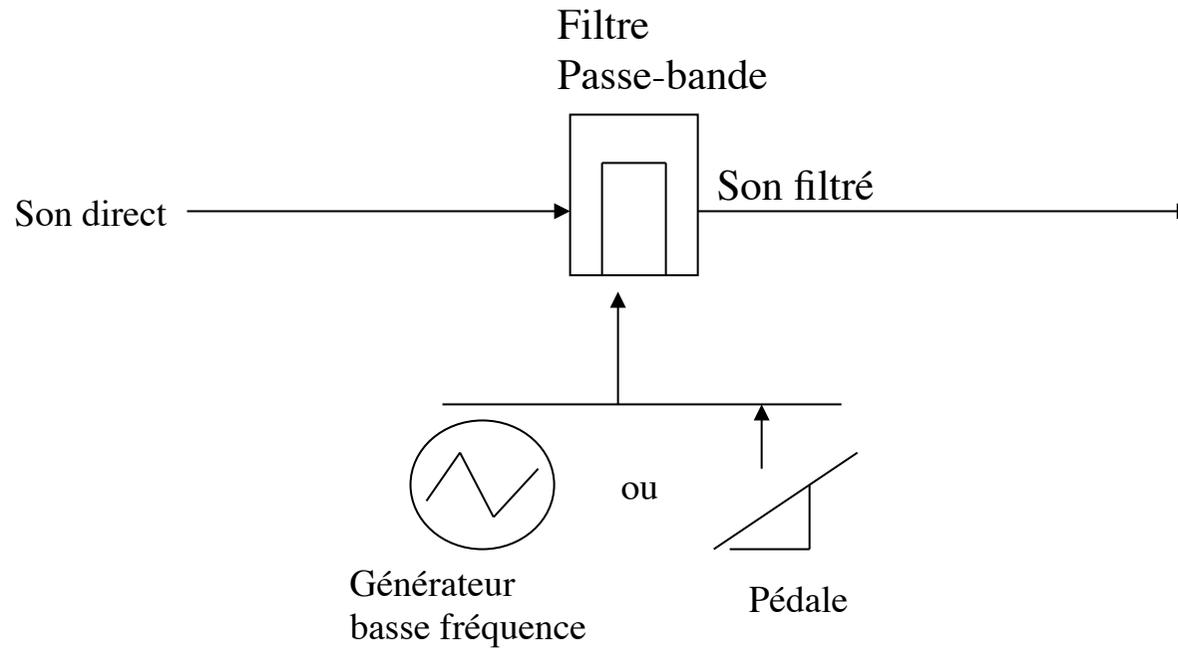
Ex. 34 Filtres usuels (passe-bas)



Ex. 35 Filtre passe-bande (paramétrique)

1- b) 4 effets de timbre

Lorsqu' un filtre passe-bas (résonant) ou passe-bande est modulé par une pédale continue ou un oscillateur à basse fréquence, l' on parle d' effet « wah-wah ».



1- b) 4 Timbre et délai

En réalité, les filtres numériques sont des sortes de lignes à retard à temps de retard très brefs. Cela entraîne un comportement variable en fonction de la fréquence.

D' autre part, les effets à temps de délais courts (flanging, chorus, phasing) agissent simultanément sur le temps et sur le spectre du son.

Logiciels interactifs

Pure Data, Max, et autres patchers

Métaphores du jeu de construction (meccano numérique) et du synthétiseur analogique modulaire

page blanche

liste d'objets

connections pour former des algorithmes

En pratique, beaucoup de copié-collé depuis exemples ou trouvailles en ligne.

Pour apprendre : les tutoriels et/ou cours.

CF Miller Puckette et sites spécialisés : <http://fr.flossmanuals.net/PureData/>

Logiciels interactifs

Principes élémentaires

2 vitesses de communication et 2 grandes familles de signaux:

Audio (44100 ech/seconde). Symbole ~ (ex *~)

Contrôle (1000 f/s). Pas de symbole particulier (ex *).

Ensuite, grande variété d'objets :

sources externes (adc~, midi, osc, hid ...)

traitements et sources internes (+, -, *, /, filtres, délais, amplificateurs, mélangeurs, syntèses, analyses...)

branchements locaux (câbles divers) ou sans fil (send et receive)

sorties (dac~, midi, osc...)

1 algorithme = « patch » = 1 fenêtre à l'écran

Plusieurs patches peuvent communiquer et s'imbriquer : construction modulaire

Logiciels interactifs

Principes élémentaires

2 vitesses de communication et 2 grandes familles de signaux:

Audio (44100 ech/seconde). Symbole ~ (ex *~)

Contrôle (1000 f/s). Pas de symbole particulier (ex *).

Ensuite, grande variété d'objets :

sources externes (adc~, midi, osc, hid ...)

traitements et sources internes (+, -, *, /, filtres, délais, amplificateurs, mélangeurs, syntèses, analyses...)

branchements locaux (câbles divers) ou sans fil (send et receive)

sorties (dac~, midi, osc...)

1 algorithme = « patch » = 1 fenêtre à l'écran

Plusieurs patches peuvent communiquer et s'imbriquer : construction modulaire