



Master MVA TP sur les effets et Réverbération artificielle

Gaël RICHARD

13 février 2017

1 Réalisation du Phasing

Cette première partie est consacrée à la réalisation d'un module de Phasing. Cet effet peut être réalisé à l'aide d'une simple ligne à retard (voir schéma 1) où le gain $a(t)$ varie périodiquement au cours du temps. Si l'on suppose le retard fixé à une valeur donnée p (en nombre d'échantillons) et le gain fixé à une valeur a , la fonction de transfert du système est simplement:

$$H(z) = 1 + a z^{-p}$$

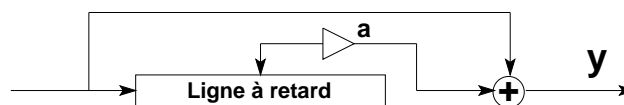


FIG. 1 – Schéma d'implémentation du flanging/Phasing

1. Implémenter l'effet de phasing lorsque $a(t)$ suit une variation sinusoïdale de période f_a entre les valeurs a_{min} et a_{max} . (On pourra choisir $a(nT) = B + A \sin(2\pi f_a(nT))$ avec $B = (a_{max} + a_{min})/2$ et $A = (a_{max} - a_{min})/2$).
2. Tester votre effet avec différentes valeurs de la fréquence de variation du paramètre a et des valeurs a_{max} et a_{min} (notez que des valeurs de a proches de $a = 1$ donnent un effet maximal)

2 Réalisation du Flanger

Cette partie est consacrée à la réalisation d'un Flanger. L'implémentation du flanger diffère assez peu de celle du phasing. En effet, dans le cas du flanger, c'est le retard $p = p(t)$ qui est dépendant du temps et non le gain a . Cet effet peut ainsi être réalisé à l'aide d'une simple ligne à retard (voir schéma 1) où le retard $p(t)$ varie périodiquement au cours du temps.

1. Implémenter l'effet de flanging lorsque $p(t)$ suit une variation sinusoïdale de période f_p entre les valeurs p_{min} et p_{max} . (On pourra choisir $p(nT) = B + A \sin(2\pi f_p(nT))$ avec $B = (p_{max} + p_{min})/2$ et $A = (p_{max} - p_{min})/2$).
2. Tester votre effet avec différentes valeurs de la fréquence de variation du paramètre p et des valeurs p_{max} et p_{min} (notez que des valeurs de a proches de $a = 1$ donnent un effet maximal)
3. *FACULTATIF*: Le retard est ici toujours une valeur entière ce qui peut dans certains cas générer des effets désagréables. On peut améliorer le dispositif précédent en autorisant des retards non-entier en réalisant l'interpolation linéaire entre les échantillons. La valeur intermédiaire du signal est calculée par interpolation linéaire entre les deux échantillons qui l'entourent. Pour une valeur du retard τ fixée, il s'agit donc d'un filtrage linéaire de fonction de transfert:

$$G(z) = (1 - \tau) + \tau z^{-1}$$

où τ représente la valeur du retard (en fraction d'échantillon). Le filtre en peigne avec retard non-entier a donc pour fonction de transfert (pour un retard fixé)

$$H(z) = 1 + a[(1 - \tau)z^{-p} + \tau z^{-p-1}]$$

. Comparer cette implémentation avec la précédente.

3 Réalisation d'un système de réverbération artificielle

Nous allons maintenant implémenter un système complet de réverbération artificielle (voir figure 2) en associant un module spécifique pour la simulation des échos précoces (pour modéliser les réflexions de premier ordre) et un module de réverbération tardive (à l'aide du réverbérateur de Schroeder).

3.1 Simulation des échos précoces

Pour construire un module d'échos précoces réaliste, on se propose d'utiliser la méthode des sources images dans un espace acoustique simple, soit un cube de dimension $[X, Y, Z]$. Par convention, le point $0 = \{0, 0, 0\}$ correspond au point situé en bas à gauche de cet espace (v. figure 3).

La méthode des sources images consiste à déterminer la position des sources images de la source réelle (on trouvera une source image par paroi de la salle, c'est à dire 6 sources images pour les réflexions d'ordre 1).

Il s'agit alors de réaliser un module de pré-échos à partir des paramètres :

- de dimension de la salle cubique $([X, Y, Z])$
- de la position de la source S
- de la position du microphone M

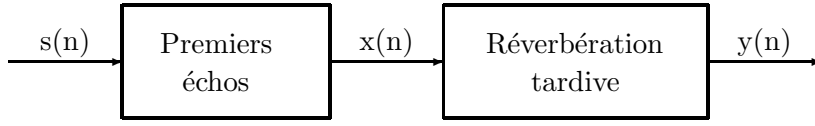


FIG. 2 – Architecture du système de réverbération

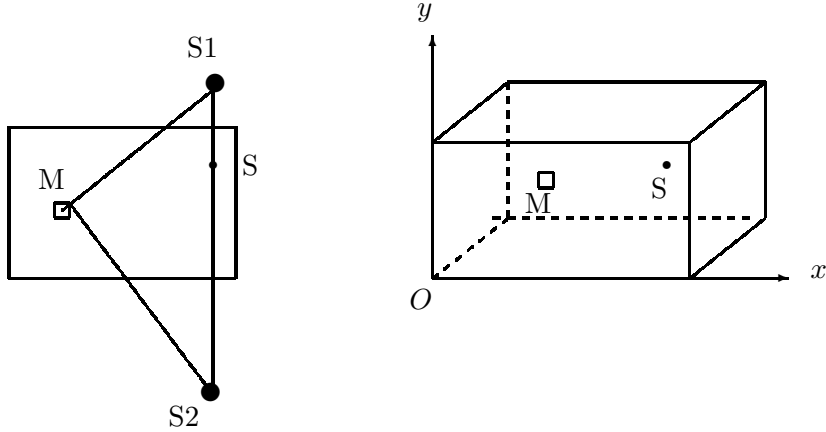


FIG. 3 – Représentation de deux sources images (échos du premier ordre) et représentation en 3D

– de la vitesse du son c

qui permette d'obtenir à partir du signal source $s(n)$, un signal $x(t)$ réverbéré. On prendra comme loi pour l'atténuation de la source sonore en fonction de la distance la loi suivante:

$$a(r) = \begin{cases} \frac{1}{r} & \text{pour } r \geq 1 \\ 1 & \text{pour } r < 1 \end{cases}$$

où r est la distance d'une source image au microphone M.

1. Que pourriez vous faire pour améliorer le système de modélisation des premiers échos?
2. Si vous preniez en compte les réflexions de 2ième ordre, combien de sources images auriez vous?
3. A votre avis, est-ce qu'une modélisation des échos jusqu'au deuxième ordre est suffisante? justifiez.

3.2 Réverbération tardive: réverbérateur de Schroeder

Cette partie est consacrée à la réalisation du réverbérateur de Schroeder. Le schéma général du système est donné sur la figure (fig. 4).

Pour un filtre en peigne, le temps de réverbération Tr est donné par:

$$\frac{20 \log_{10}(g_i)}{m_i T} = \frac{-60}{Tr} \quad (1)$$

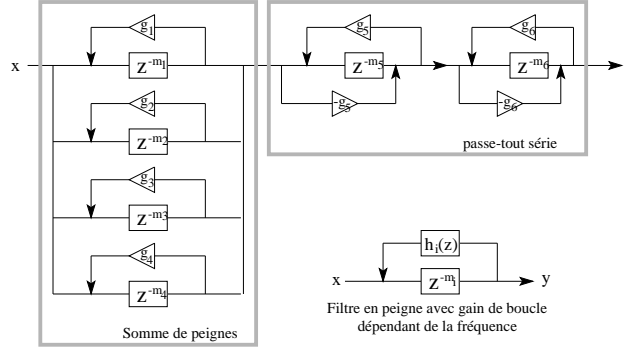


FIG. 4 – *Filtre réverbérant à base de filtres en peigne et de filtres passe-tout proposé par Schroeder.*

où g_i est le coefficient (ou gain) de bouclage, m_i la durée du retard (en nombre de périodes d'échantillonnage) de la cellule i , et T est la période d'échantillonnage. Pour un filtre passe-tout, le temps de réverbération Tr est donné par:

$$Tr \approx 7T / \left[1 - g_i^{1/m_i} \right] \quad (2)$$

1. Sachant qu'il est préférable que chaque cellule des filtres en peigne (resp. des filtres passe-tout) ait le même temps de réverbération, déterminer les gains g_i correspondants aux retards exprimés en millisecondes (29,7 ms; 37,1 ms; 41,4 ms; 43,7 ms pour les filtres en peignes et 96,83 ms et 32,92 ms pour les filtres passe-tout) en fonction du temps de réverbération.
2. Implémenter et tester votre réverbérateur sur l'un des signaux audio fournis
3. Tester le réverbérateur avec d'autres paramètres (rappelez vous que des retards premiers entre eux donnent de meilleurs résultats)