

Comprendre facilement le group delay

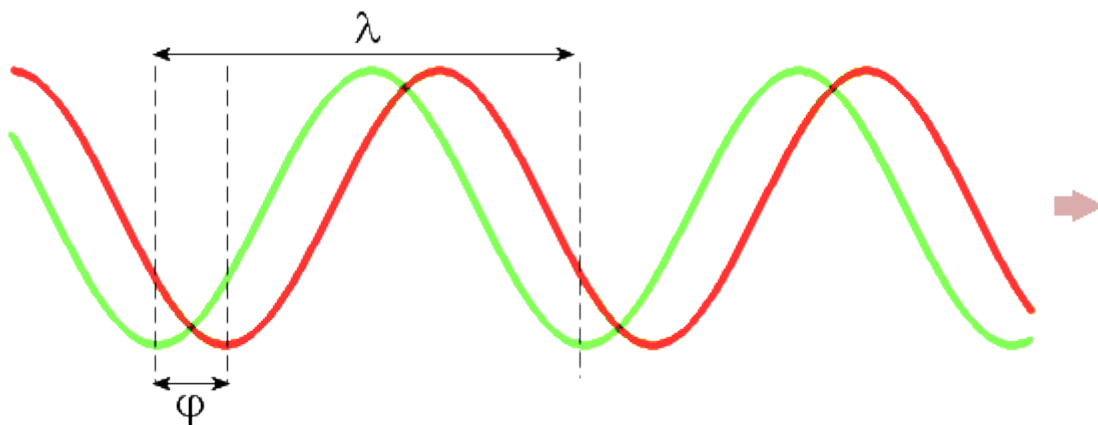
(sans faire des maths)

Par Jean Dupont

Cela nécessite d'abord de s'intéresser au déphasage.

Le déphasage

Le déphasage entre deux signaux est une mesure du décalage entre deux signaux sinusoïdaux de même fréquence.



On voit sur que les signaux vert et rouge ont la même fréquence, mais qu'il y a un retard (retard = delay en anglais)

Remarque : on ne peut et on ne doit pas parler de déphasage pour des signaux de fréquences différentes. Par exemple, on ne peut pas et on ne doit pas parler de déphasage entre un sinus 100 Hz (du grave) et un sinus 6000 Hz (de l'aigu), ça n'aurait pas de sens.

Retard temporel

Le retard (delay en anglais) dont il est question peut s'exprimer en unité de temps. On dira par exemple que le retard est de 3 millisecondes. Par exemples, le signal rouge arrive à son sommet avec 3 millisecondes de retard par rapport au vert.

Le retardant

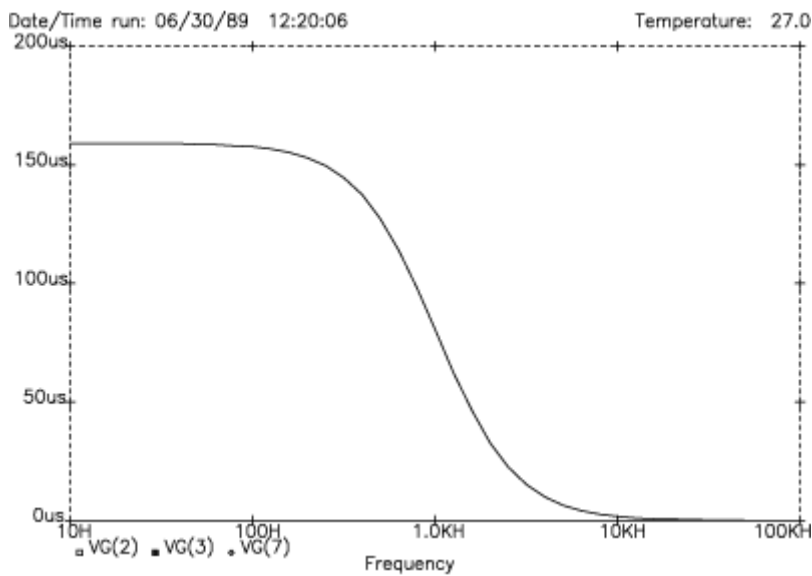
On imagine un dispositif électronique ou autre que l'on appelle le « retardant ». En audio, il s'agira le plus souvent d'un filtre. Le signal qui rentre est le signal vert et celui qui en sort est le rouge. Le signal vert a été transformé en signal rouge. Le « retardant » a appliqué un retard de par exemple 3 millisecondes au signal vert, ce qui donne le signal rouge en sortie.

Remarque : le plus souvent, le « retardant » ne retarde pas de pas de la même durée une fréquence et une autre. Par exemple 3 milisecondes à 50 Hz et 5 milisecondes à 52 Hz.

La courbe des retards causés par le retardant

On a vu que le retardant applique une certaine durée de retard, fréquence par fréquence, on peut alors mettre ce retard sous forme de courbe.

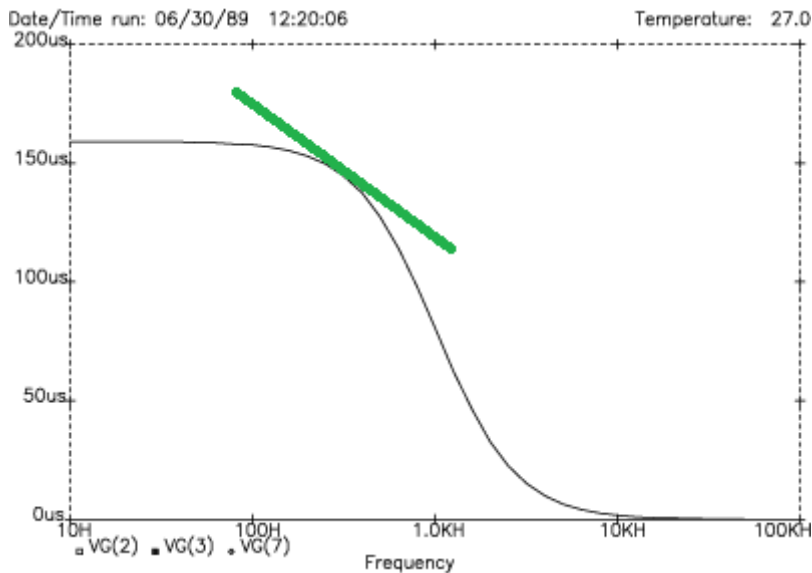
La courbe ci-après donne une durée de retard (ici exprimée en microsecondes) pour chaque fréquence.



Le group delay

En français « le retard de groupe ».

Par définition le retard de groupe est la pente (ici l'opposée de la dérivée) à chaque point de la courbe des retard. La ligne en vert représente la pente.



Remarque : plus c'est pentu (plus la ligne verte est inclinée) plus le retard varie vite d'une fréquence à une fréquence voisine. Par exemple si à 100 Hz on a un retard de 5 milisecondes et à 103 Hz un retard de 10 milisecondes, ça sera très pentu : on aura un group delay important.

Remarque : dans la pratique le group delay ne prend sens que pour une bande étroite. Qui dit autre bande, dit en pratique un autre group delay (une autre pente).

Pourquoi le « group delay » s'appelle t'il « group delay » ?

Pourquoi avoir baptisé une pente (=une dérivée) de cette façon ?

D'une part parce qu'on a des Herz sur l'axe x, c'est-à-dire 1/seconde. La dérivée aura alors comme unité des secondes, il s'agit alors d'une durée et une durée peut (pourquoi pas) être nommée « delay » s'il est question de retard.

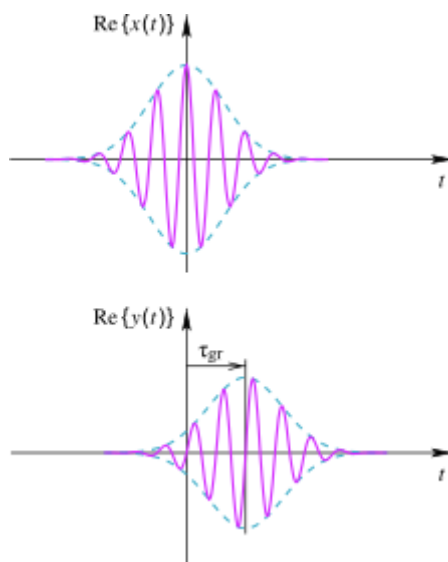
En fait le mot « group » signifie un groupe de fréquence comprises dans une bande étroite. Par exemple, Pierre, Paule et Luc forme un groupe d'amis tout comme 50 Hz, 51 Hz et 52 Hz forment un groupe de fréquences.

Imaginons que les 3 amis passent par un retardant, en y entrant au même moment. Pierre en sort le premier et Luc le dernier. On pourra dire que Luc a par exemple 10 ms de retard par rapport à

Pierre. Le retard du groupe (à l'intérieur du groupe d'ami) sera de 10 ms. Et « delay » signifie le retard à l'intérieur du groupe dans l'expression « group delay ».

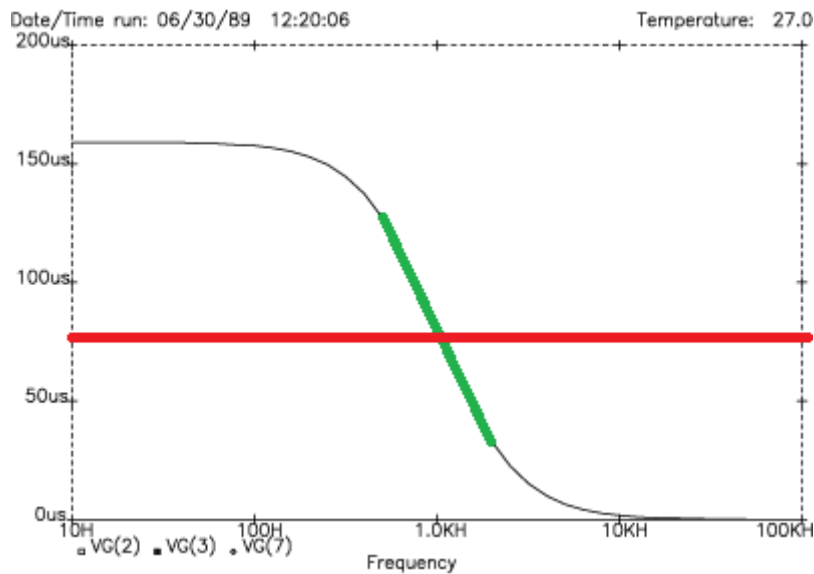
50 Hz , 51 Hz et 52 Hz forment un groupe de fréquences qui passent par un retardant. De la même façon que pour le groupe d'amis, la fréquence 50Hz aura 1ms de retard sur la fréquence 52Hz . Et plus c'est pentu, c'est-à-dire plus le retard varie vite d'une fréquence à l'autre, plus le group delay est important , plus le retard à l'intérieur du groupe sera important.

En radio, en modulation d'amplitude (bande AM) on peut démontrer mathématiquement que le retard causé par un filtre à l'enveloppe de modulation est égal au group delay, dans la mesure où la bande de fréquence concernées présente un group delay quasi-constant pour les fréquences de cette bande. Il semblerait alors que le nom « group delay » donnée à cette dérivée proviennent du monde de la radio. Ce qui expliquerait pourquoi le sens de l'expression « group delay » ne soit pas du tout intuitif en audio.



Cas du group delay constant

Dans le graphique ci-dessous, la le segment de ligne en vert représente une pente constante pour une bande de fréquence : la phase change en proportion de la fréquence sur une bande de fréquence. Qui dit pente constante, dit dérivée contante. Le segment de droite en rouge représente une dérivée constante (au signe près), soit un group-delay constant.



On préserve d'autant plus la forme de l'onde (par exemple en audio, l'enveloppe d'une note de musique) que le group-delay se montre constant. Le group delay idéal est constant sur tout le spectre.

Distorsion

En general, plus le group delay est constant (quasi-constant) sur l'ensemble du spectre moins la distorsion est importante. Et inversement, plus le group delay se montre changeant (inconstant) de bandes en bandes ou brutalement, plus l'on distord.

En résumé.

Le groupe délai se comprends facilement en le visualisant comme une pente. Plus il est contant, moins ça distord et plus les notes sont préservées . C'est un bon indicateur de qualité d'un filtre ou d'une enceinte.