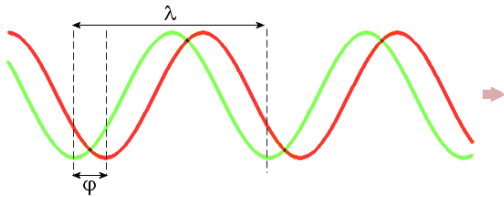


La compensation de déphasage à l'aide de rePhase (convolution)

Un aperçu très simplifié par Jean Dupont.

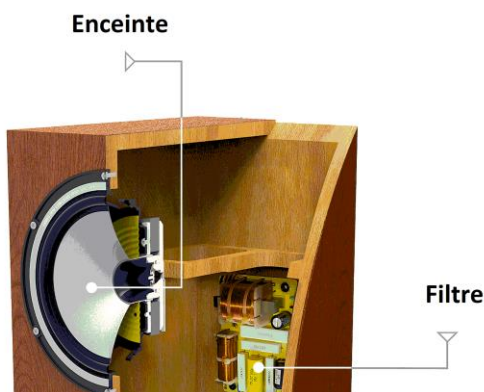
Qu'est-ce que le déphasage :

La courbe verte représente le signal en entrée (un CD par exemple) pour la fréquence de 500 Hz par exemple. La courbe rouge représente ce que l'on entend dans son salon. On remarque que les deux courbes sont décalées, c'est un déphasage. Le déphasage s'exprime par exemple en degrés. On parlera par exemple d'un déphasage de 45 degrés à 500Hz.



Dans quel cas un déphasage se produit-il?

- Il se produit, par exemple, pour une enceinte du commerce muni d'un filtre passif. Le filtre passif étant un dispositif qui répartit le son selon le haut-parleur. Par exemple, les fréquences sonores graves sont affectées au haut-parleur des graves.



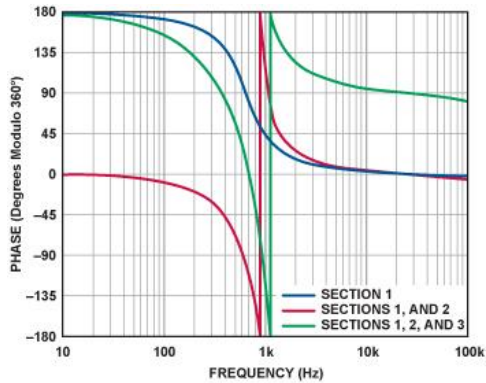
- Il se produit possiblement en cas de filtre actif. Il s'agit d'un filtrage avant amplification et utilisation de deux ou plus amplificateurs.

Qu'est-ce que la compensation de déphasage ?

En numérique, il s'agit de recalculer le flux numérique (issu d'un CD par exemple) dans le but d'avoir le même déphasage à toutes les fréquences au point d'écoute. Par exemple, on vise un déphasage de 45 degrés, constant quelques soit la fréquence. En anglais on dit « *Phase linearization* » (« *compensate the phase shifts* »). En français, on dit « *linéarisation de la phase* » (« *compenser le déphasage* »). C'est l'action de rendre le déphasage constant, quelques soit la fréquence. Si l'on trace le déphasage, alors on vise une ligne droite horizontale

Pourquoi effectuer une compensation de déphasage ?

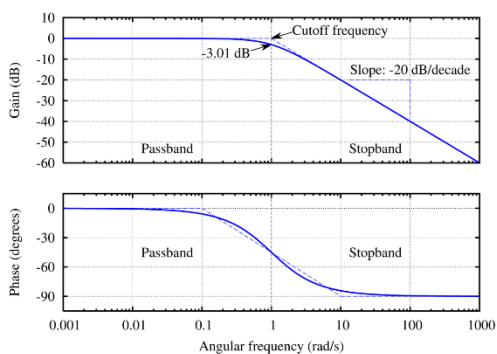
Certes, dans les (très) basses fréquences, l'oreille est peu ou pas(?) sensible aux variations de déphasage (d'une fréquence à l'autre). Par contre, par exemple, une forte variation de déphasage d'une fréquence à une autre, comme 45 degrés à 500Hz et 80 degrés à 550 Hz gagnera à être compensée pour améliorer la qualité de l'écoute. Par exemple le graphique ci-dessous montre des phases qui apparaissent comme « tourmentées » et qui laissent envisager le possible bénéfice d'une compensation de déphasage. L'expression « améliorer la qualité de l'écoute » est utilisée dans le sens « encore plus musical » ou « sonne encore mieux ».



Qu'est-ce que le filtrage FIR ?

Note de lecture : le texte en bleu foncé ci-dessous s'adresse plus particulièrement aux lecteurs qui souhaitent une approche très simplifiée du filtrage FIR. Sa lecture n'est pas nécessaire pour la suite.

Pour mémoire, les graphiques ci-dessous illustrent un filtre. Le son (ici il s'agit d'une tension électrique analogique) est altéré selon les fréquences. Le second graphique montre qu'un déphasage intervient, variant de fréquence en fréquence. Le mot « filtre » a plus ou moins le même sens en numérique (traitement informatique) qu'en électronique analogique.



Un « filtre FIR » désigne un type de traitement informatique qui s'applique au flux numérique en entrée (par exemple celui produit par un CD) dans le but de filtrer (ou autre). Le filtre FIR va recalculer les valeurs binaires du flux en entrée. On peut écrire recalculer si l'on considère qu'un calcul a déjà eu lieu en studio d'enregistrement (mix d'un CD par exemple) dans le cadre d'un traitement numérique de type FIR ou autre. En anglais: « a finite impulse response (FIR) filter uses only the input signals, while an infinite impulse response (IIR) filter uses both the input signal and previous samples of the output signal ». En français: un filtre à réponse impulsionnelle finie FIR n'utilise que le signal en entrée tandis que le filtre IIR à réponse impulsionnelle utilise à la fois le signal en entrée et le signal en sortie. On peut voir les filtres FIR comme des programmes informatiques qui 44100 fois par seconde (pour l'exemple du CD) prennent en compte les dernières valeurs en entrée pour calculer la dernière sortie. Le filtre FIR ne réutilise pas le résultat de ses calculs précédents. Au contraire, le filtre IIR réutilise le résultat de ses calculs précédents. Il déphase mais jadis ça permettait d'utiliser des calculateurs (micro-processeurs) moins puissants ou même de se passer de calculateur.

A propos de rePhase:

Le logiciel rePhase a été créé en 2012 par Thomas Drugeon, ingénieur diplômé de l'école des Mines de Nantes, ingénieur à l'INA (institut National de l'audiovisuel, France) et fondateur de la société waveTracing. Le logiciel rePhase connaît un succès mondial, aussi bien chez les amateurs (dont de nombreux audiophiles) que dans le monde professionnel.

“rePhase is a loudspeaker phase linearization, EQ and FIR filtering tool. Compensate the phase shifts by FIR generated by rePhase by using convolution.” En français, rePhase est un outil de linéarisation de la phase, d'égalisation et de filtrage FIR, c'est un logiciel pour Windows. Il permet une compensation de déphasage à l'aide de FIR générés par rePhase, par convolution. Voir les explications pour « convolution » ci-dessous.

“rePhase is a free FIR generation tool for building fully linear-phase active crossovers with arbitrary slopes. It also let you manually compensate for the phase shifts of your loudspeakers and existing crossovers, be it active or passive. Once generated, the FIR can be applied using any hardware (..) or software (..).” En français, rePhase est un outil gratuit de génération FIR pour construire des filtres actifs avec des pentes au choix. Il vous permet de compenser les déphasages de vos enceintes et filtres existants, qu'ils soient passifs ou actifs. Une fois généré, le FIR peut être appliqué sur tout hardware (..) ou software (..). Voir les explications ci-dessous. rePhase ne compense pas lui-même, il crée un fichier informatique qui sera utilisé par le logiciel (*software*) ou le matériel (*hardware*) qui lui compense.

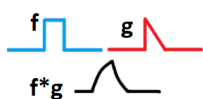
Une citation du créateur de rePhase Thomas Drugeon s'exprimant en français : « rePhase est un outil de génération d'impulse (finite impulse response, FIR), dans le but de corriger/filtrer un système. Une fois générée l'impulse doit être insérée dans le système de reproduction à l'aide d'un outil de convolution, soit software (genre plugin convolver, qui sont pour la plupart gratuits) soit hardware (par exemple l'openDRC de minidsp). »

Convolution:

Il s'agit de la technologie (domaine scientifique du « traitement du signal ») mise en œuvre par rePhase pour produire un fichier de compensation à partir d'un fichier de mesure. rePhase ne compense pas lui-même, il crée un fichier informatique au format « wav », ce fichier est (appelé « impulse » ou « correction impulse ») et il sera utilisé par le logiciel (*software*) ou le matériel (*hardware*) qui lui effectue la compensation sur le flux numérique (exemple : le flux numérique d'un CD).

Note de lecture : le texte en bleu foncé ci-dessous s'adresse plus particulièrement aux lecteurs qui souhaitent une approche très simplifiée de la convolution. Sa lecture n'est pas nécessaire pour la suite.

La convolution est une opération mathématique sur deux fonctions (f et g) qui produit une troisième $f*g$ fonction qui indique comment la forme de l'une est modifiée par l'autre. Par exemple, ci-dessous, on peut imaginer que faire glisser f sur g va donner $f*g$.

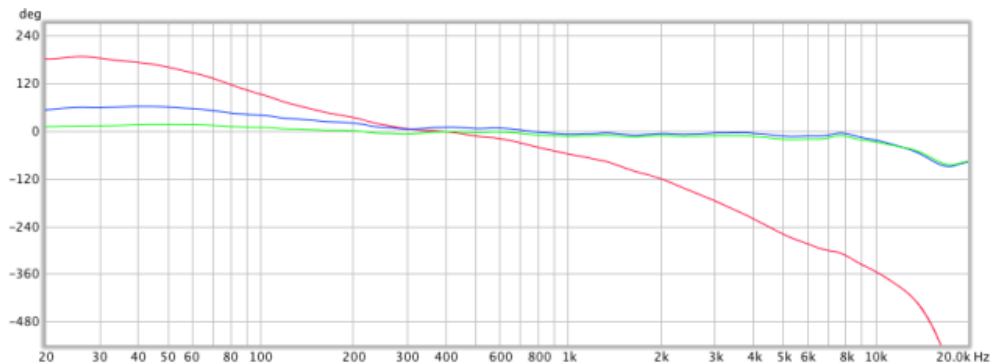


Dans le cadre de rePhase (il s'agit du traitement du signal numérique), la convolution $f*g$ a un sens particulier (différent de l'exemple précédent) :

- La fonction f correspond au point d'écoute, elle donne le déphasage en fonction de la fréquence. On a par exemple $f(500 \text{ Hz}) = 45$ degrés et $f(600 \text{ Hz}) = 30$ degrés.
- La fonction g correspond aux filtres FIR générés par rePhase, g est déterminée (calculée par rePhase) à l'aide des données provenant d'une mesure au point d'écoute.
- La fonction $f*g$ est le résultat de la convolution, c'est une constante, par exemple: $f*g(50\text{Hz}) = 20$ degrés, $f*g(250\text{Hz}) = 20$ degrés, $f*g(500\text{Hz}) = 20$ degrés etc. (toujours 20 degrés). Pour simplifier, on peut considérer que $f*g = 0$.
- rePhase connaît la fonction f qui est donnée par la mesure au point d'écoute et il connaît $f*g = 0$, de là il en déduit g automatiquement et/ou permet un mode manuel. Voir ci-dessous « égalisation manuelle de la phase »

Exportation de la fonction g dans le cadre de rePhase :

- En numérique, la fonction g est un FIR. On exporte, depuis rePhase, la fonction g vers un autre logiciel ou matériel dans le but d'y appliquer la fonction g.
- Dans la pratique, on exporte g sous la forme d'un fichier d'extension « wav » désigné par « impulse of correction » dans la documentation de rePhase. La désignation « impulse of correction » est un raccourci pour « Finite impulse response correction », c'est-à-dire « FIR de correction » en français.
- Dans le graphique ci-dessous, en exemple, la courbe en rouge montre la phase au point d'écoute avant compensation et celle en bleu après compensation. On n'est pas loin de l'horizontale.



Equalisation manuelle de la phase:

Also, rePhase only directly supports linearization of Linkwitz-Riley crossovers. For arbitrary phase corrections, use the Paragraphic Phase EQ tab, which has a set of "sliders" that adjust the phase up or down in a bell-shaped curve. It's like a graphic equalizer, but for phase. En français: rePhase gère directement uniquement la linéarisation des filtres de type Linkwitz-Riley. Pour toute autre correction d'une phase donnée, utiliser l'onglet « Paragraphic Phase EQ » qui comporte des curseurs pour remonter ou descendre la phase dans une courbe en forme de cloche. C'est comme un equalizer graphique mais pour la phase. Fin de la traduction. Ainsi si on son installation utilise uniquement des filtres de type Linkwitz-Riley (filtre caractérisés par des courbes spécifiques), alors rePhase va produire un FIR de compensation en automatique, sinon on passera en mode manuel. L'exemple ci-dessous illustre le mode manuel. On notera la forme de cloche.

Remarque : rePhase dispose d'une égalisation en amplitude manuelle (renforcer ou atténuer le niveau dB par gamme de fréquences), qui pourrait évoquer (pour simplifier) les equalisers du commerce.

