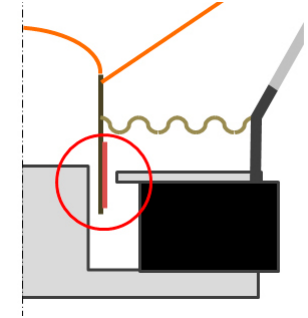


Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

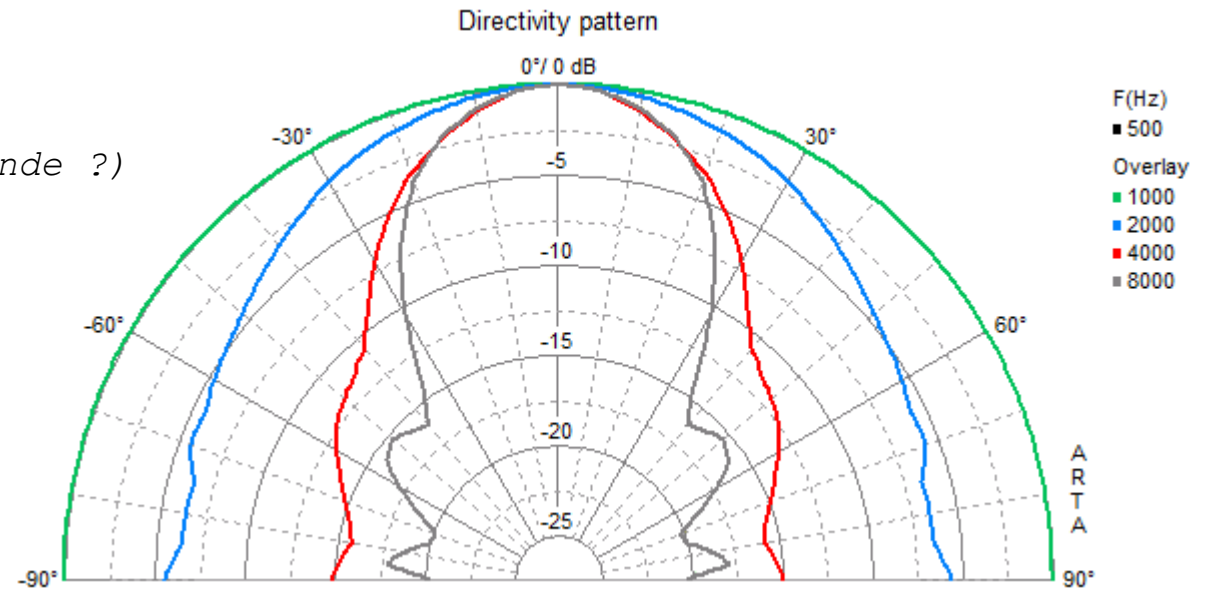
La nécessité physique de l'aiguillage :

- déplacement contenu en bas du spectre : grand diamètre
- faible directivité en haut du spectre : petit diamètre
- un haut-parleur dit à large-bande de *diamètre moyen*, aura une bande passante acoustique étroite face au spectre audio et entachée à ses extrêmes de distorsions



multivoies viable :

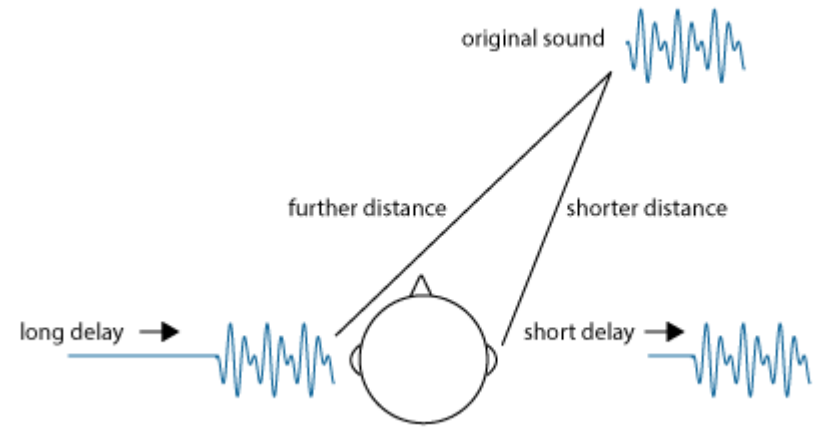
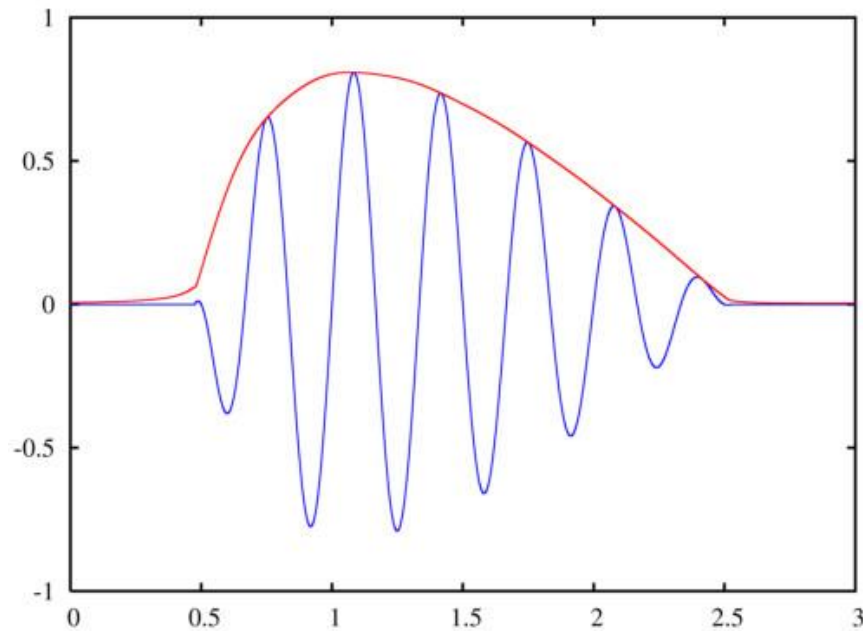
- haut parleur de médium (*large-bande ?*)
- haut-parleur d'aigu
- haut-parleur de grave
- et donc un aiguillage...



Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

L'attention à la psychoacoustique :

- l'origine, l'audition binaurale,
l'évolution décrite par Charles Darwin

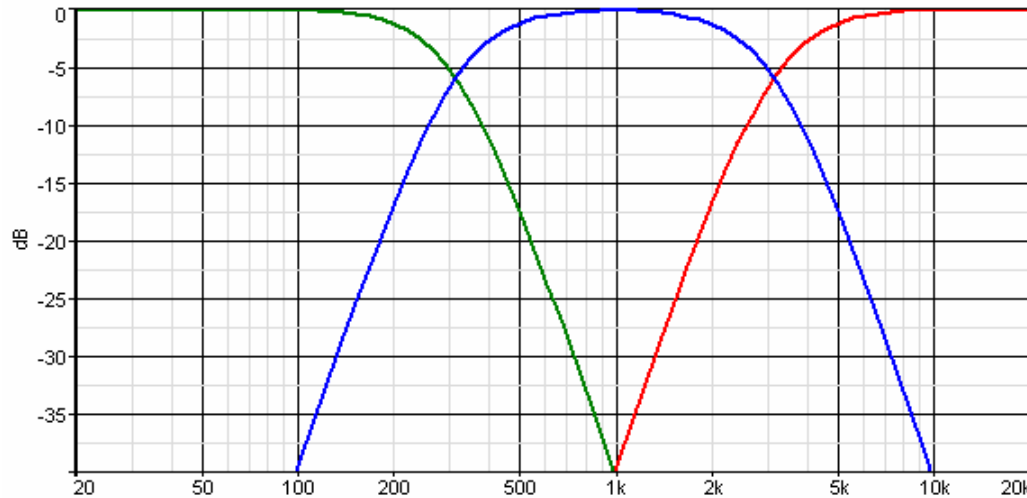


- le délai de groupe contenu, ce qui n'est pas simple au travers d'un filtre
- en plus de la réponse linéaire en amplitude

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Les assemblages en passif, pour une somme unitaire :

- Butterworth 2 voies : une fréquence, $Q=0.707$, 6dB/oct, 18dB/oct
- Linkwitz 2 voies : une fréquence, $Q=0.5$, 12dB/oct, 24dB/oct



Mais en 3 voies, la somme n'est pas exactement unitaire, et les 3 haut-parleurs ne sont pas exactement en phase.

- Baekgaard 3 voies : une fréquence, une surtension Q , 12dB/oct (quasi 6dB)
- Duelund 3 voies : une fréquence, une surtension Q , 24dB/oct (quasi 12dB)

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Le cas « Synkron » de Steen Duelund :

- **Baekgaard** : en 3 voies, somme unitaire en amplitude, somme nulle en phase (si haut-parleurs concentriques) mais haut-parleurs non synchrones en déplacement
- **Duelund** : en 3 voies, somme unitaire en amplitude, somme non nulle en phase mais haut-parleurs synchrones en déplacement

Paramètres de filtrage :

$f_c := 1000$

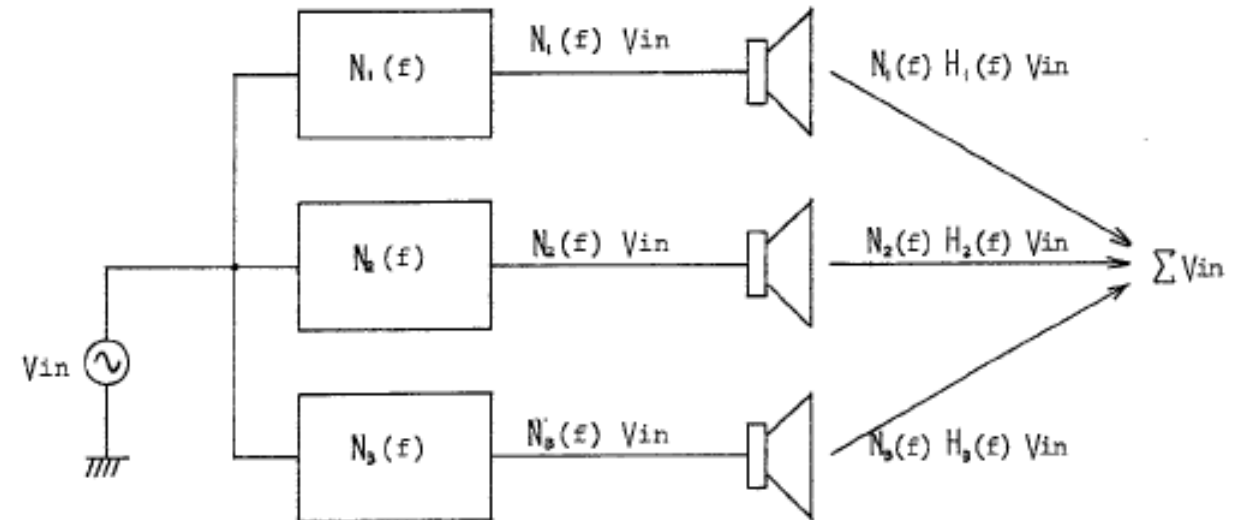
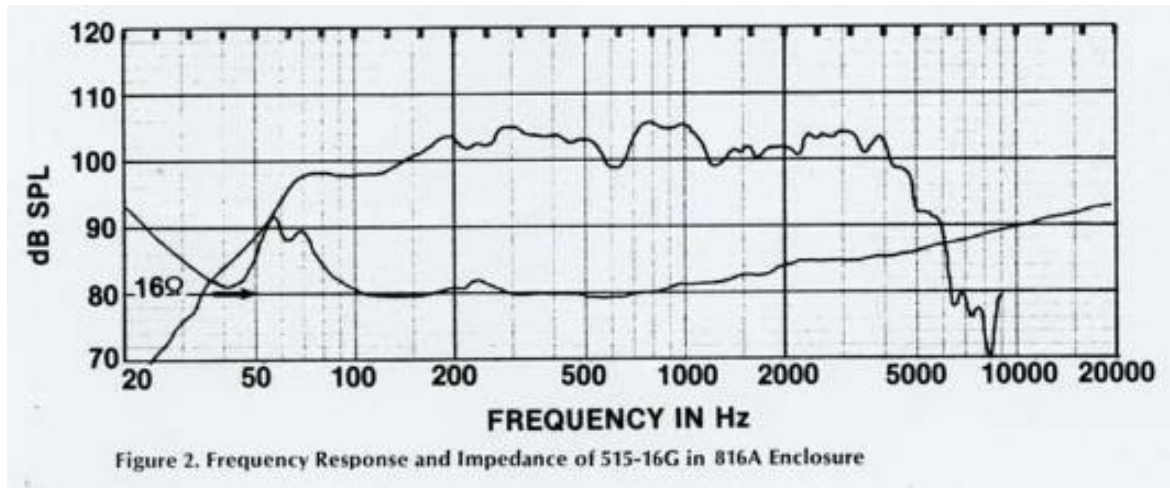
$Q := 0.25$

Fonctions de transfert du quatrième ordre (P-Bas; P-Bande; P-Haut) :

$$Hl_x := \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{Q} j \cdot \frac{f_x}{f_c} + \left(j \cdot \frac{f_x}{f_c} \right)^2} \right]^2 \quad Hm_x := \left(\frac{2 \cdot Q^2 - 1}{Q^2} \right) \cdot \left[\frac{j \cdot \frac{f_x}{f_c}}{1 + \frac{1}{Q} j \cdot \frac{f_x}{f_c} + \left(j \cdot \frac{f_x}{f_c} \right)^2} \right]^2 \quad Hh_x := \left[\frac{\left(j \cdot \frac{f_x}{f_c} \right)^2}{1 + \frac{1}{Q} j \cdot \frac{f_x}{f_c} + \left(j \cdot \frac{f_x}{f_c} \right)^2} \right]^2$$

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

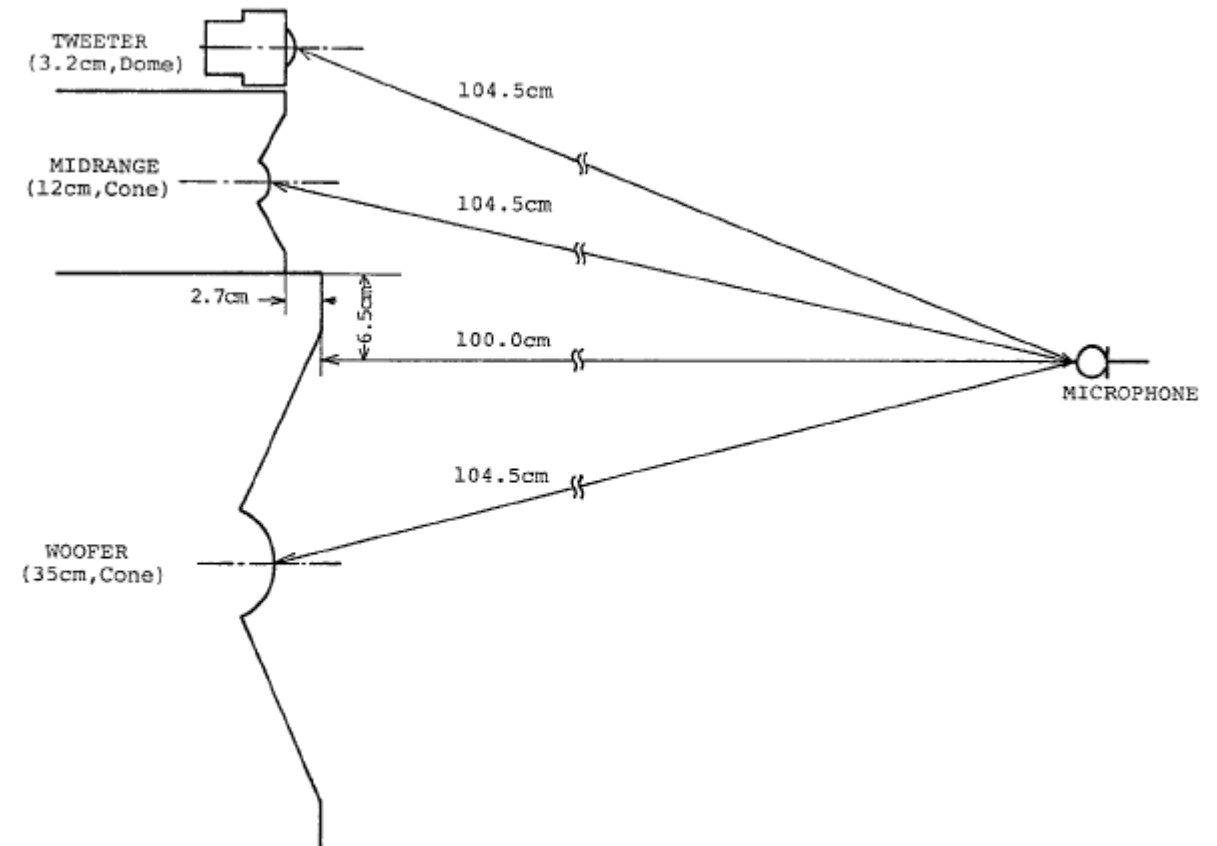
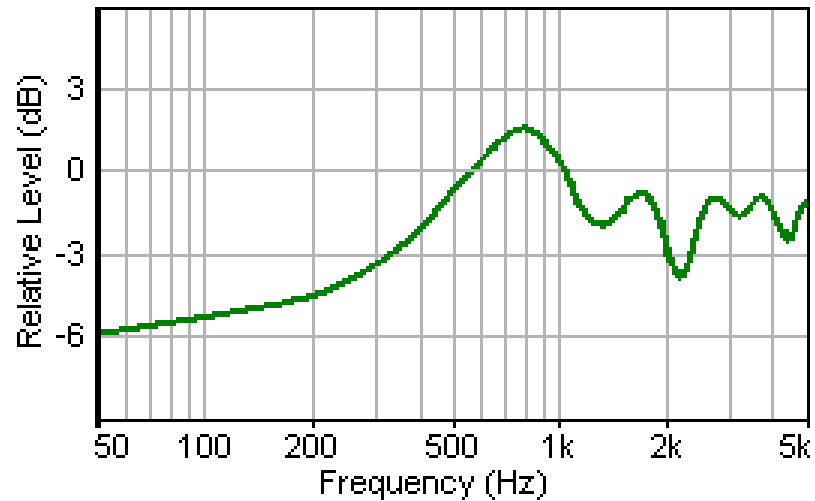
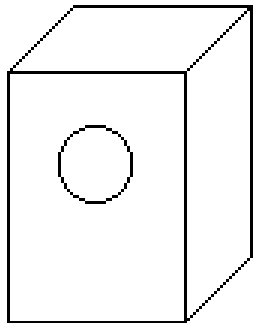
Le haut-parleur, une machine loin de l'idéal :



Block diagram of a linear phase 3-way loudspeaker system, where $N_i(f)$ is the transfer function of dividing network and $H_i(f)$ is that of loudspeaker.

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Le mot de l'enceinte :



Loudspeakers positioned equidistantly from the microphone.

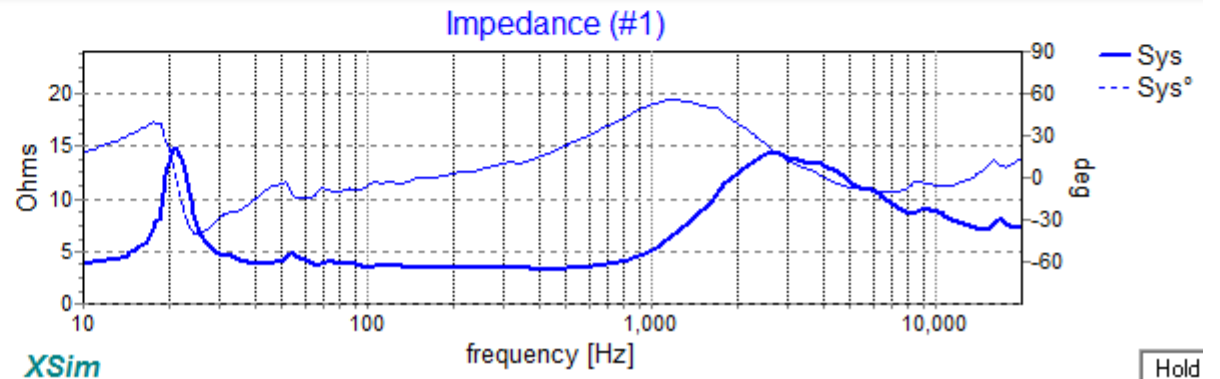
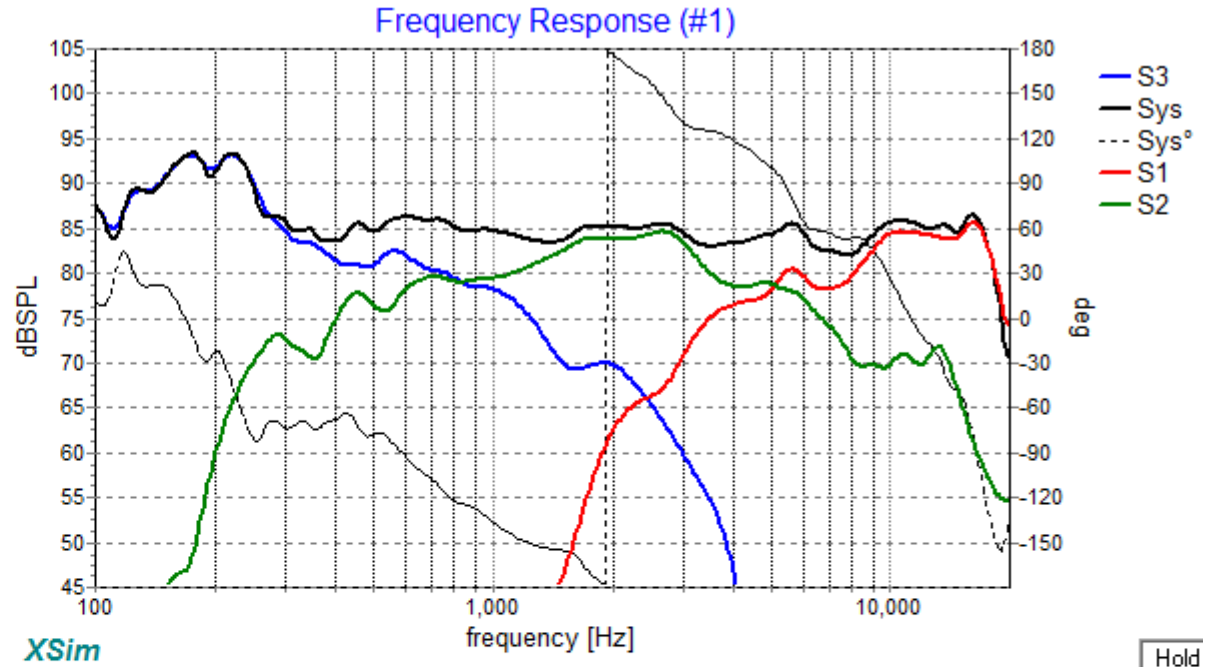
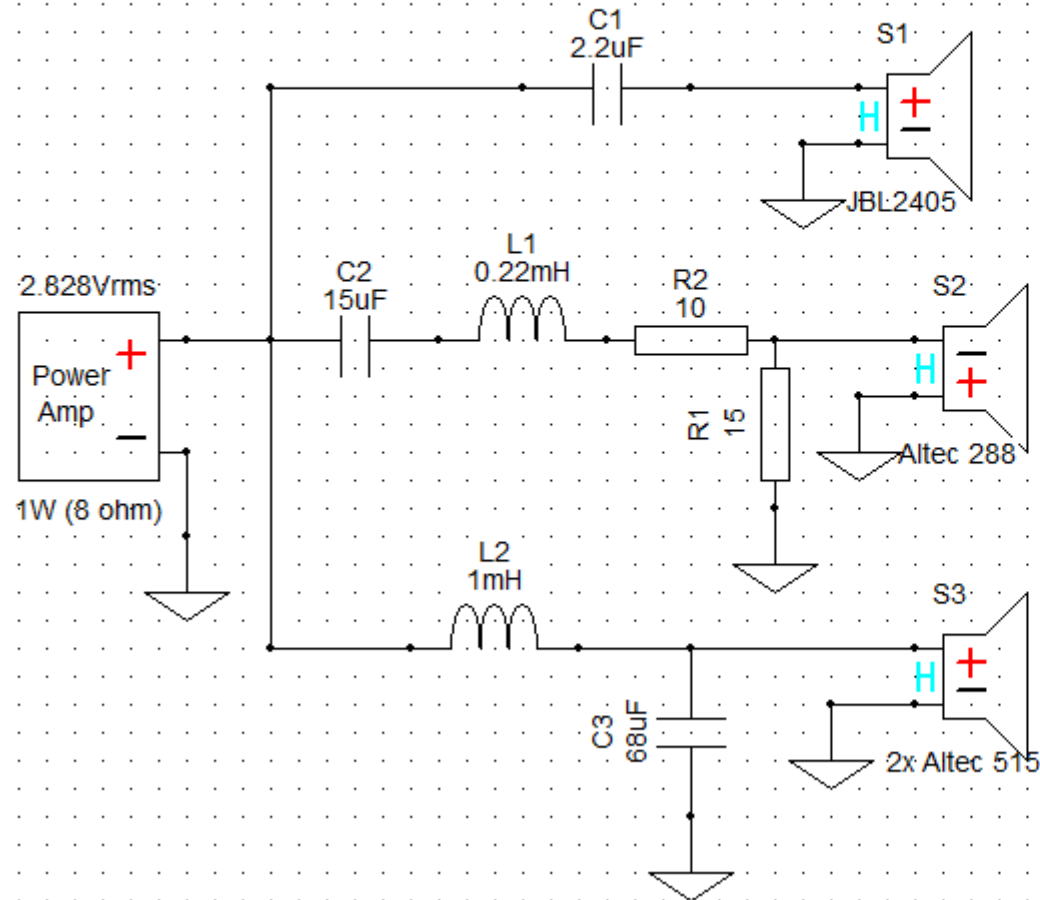
Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Le logiciel Xsim (.exe de 1.1Mo) :

free-form passive crossover designer and simulator

- développé par Liberty Instruments, Inc. (Bill Waslo)
- édition de schéma (PA ; L ; R ; C ; S)
- import de mesures de haut-parleurs en réponse et en impédance
- simulation de réponses en **pression**, en **impédance** et en **délai de groupe**
- des calculs préliminaires (Linkwitz sur résistance), mais surtout des itérations successives (manuelles) sur L_n , C_n , R_n , avec un trio de cibles en vue

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »



Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

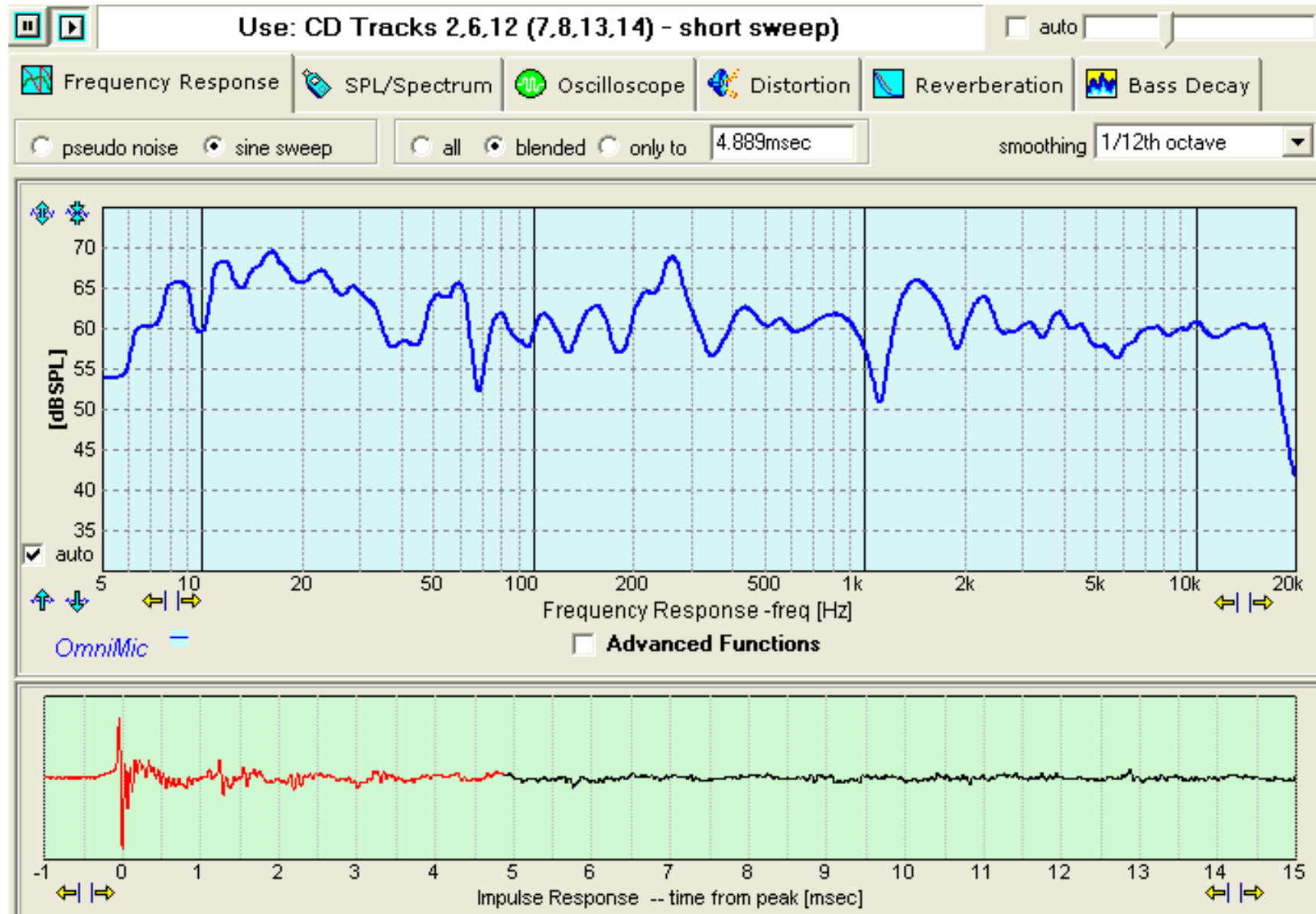
Le système Omnimic de DaytonAudio **pour .frd** :

- un micro de mesure calibré, sortie USB (USB supply)
- un logiciel d'affichage et de sauvegarde (Bill Waslo)
- Un CD signaux
- Export de fichiers *Frequency Response Data*

20.0673	65.31	177
20.13988	65.35	177
20.21272	65.38	175
20.28582	65.42	173
20.35919	65.47	172
20.43282	65.53	170
20.50672	65.62	169
20.58089	65.73	168

...

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »



Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

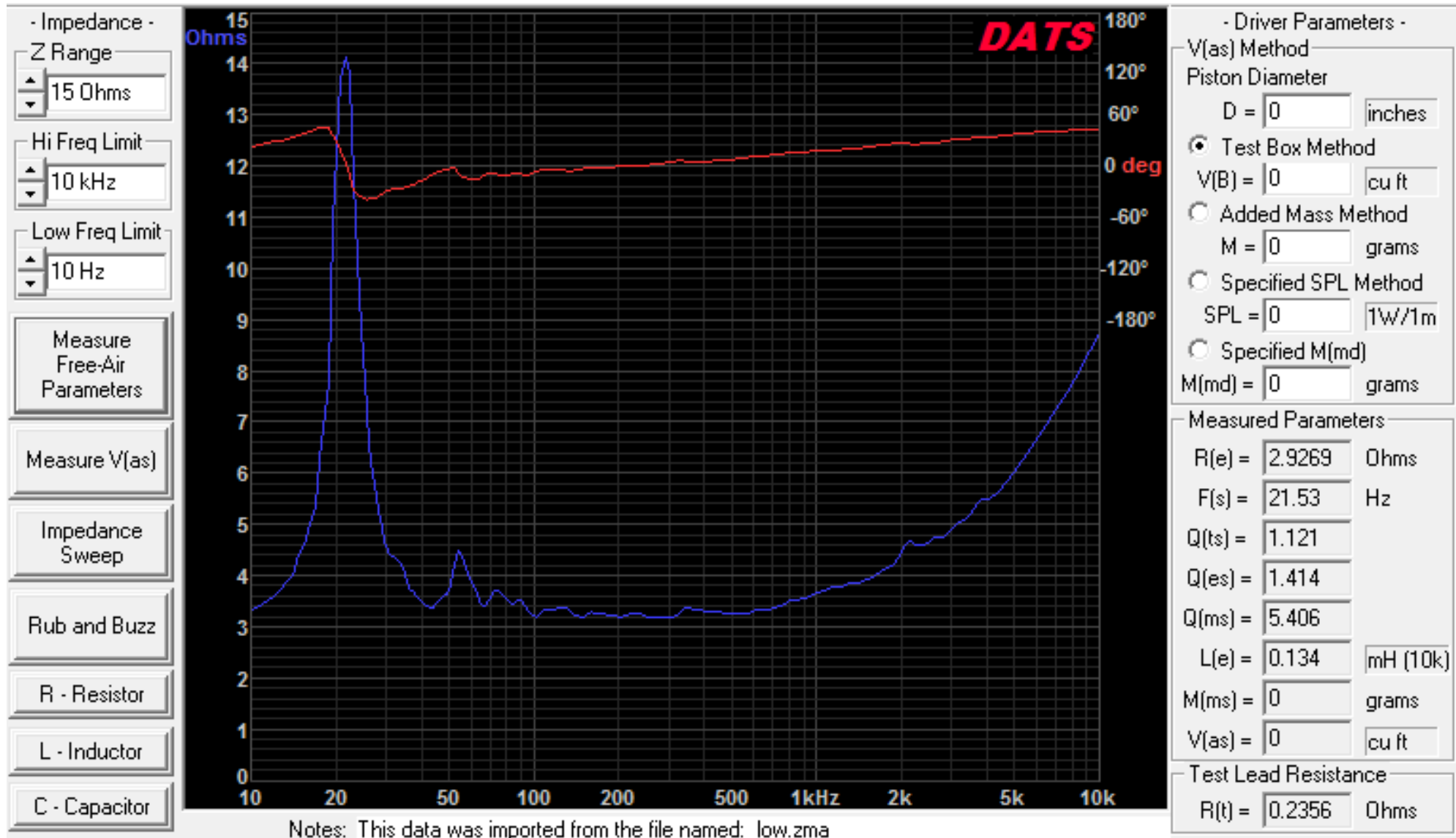
Le système Dats de DaytonAudio **pour .zma** :

- petit boîtier sur port USB, deux pinces croco
- Logiciel de mesure et de sauvegarde
- Export de fichiers *Impedance*

20.5078	8.6367	17.2747
23.4375	8.5838	17.4326
26.3672	8.5930	18.2126
29.2969	8.6587	19.2752
32.2266	8.7664	20.4470
35.1563	8.9045	21.6664
38.0859	9.0666	22.9222
41.0156	9.2514	24.2251
43.9453	9.4622	25.5941

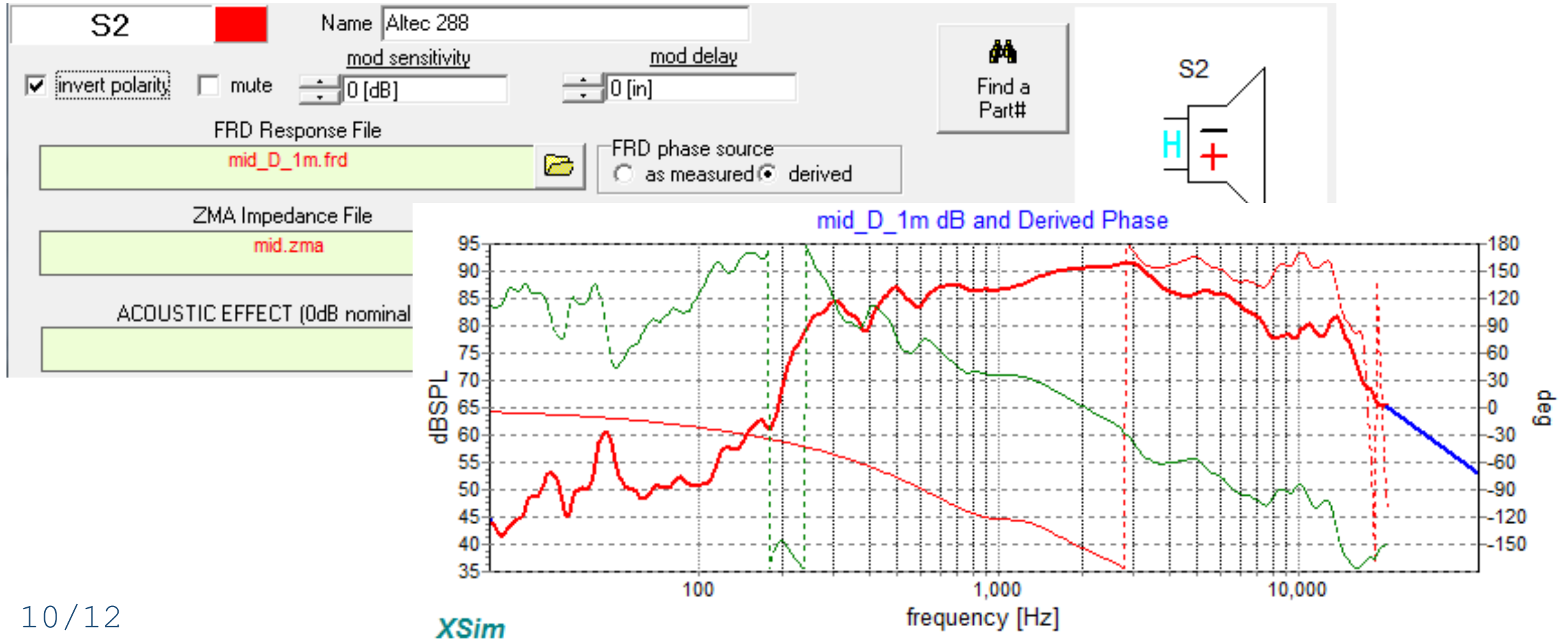
...

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »



Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Mise en projet sous Xsim :



Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Génération du trio de .frd cibles (sous Python 3) :

```
fc=2000          # fréquence caractéristique
a=4              # facteur amortissement

inf=20           # fréquence inférieure
sup=20000        # fréquence supérieure
N=101            # nombre de points
offset=85        # décalage en dB

file_low=open("low_Duelund.frd","w")      # nom des fichiers .frd
file_mid=open("mid_Duelund.frd","w")
file_high=open("high_Duelund.frd","w")

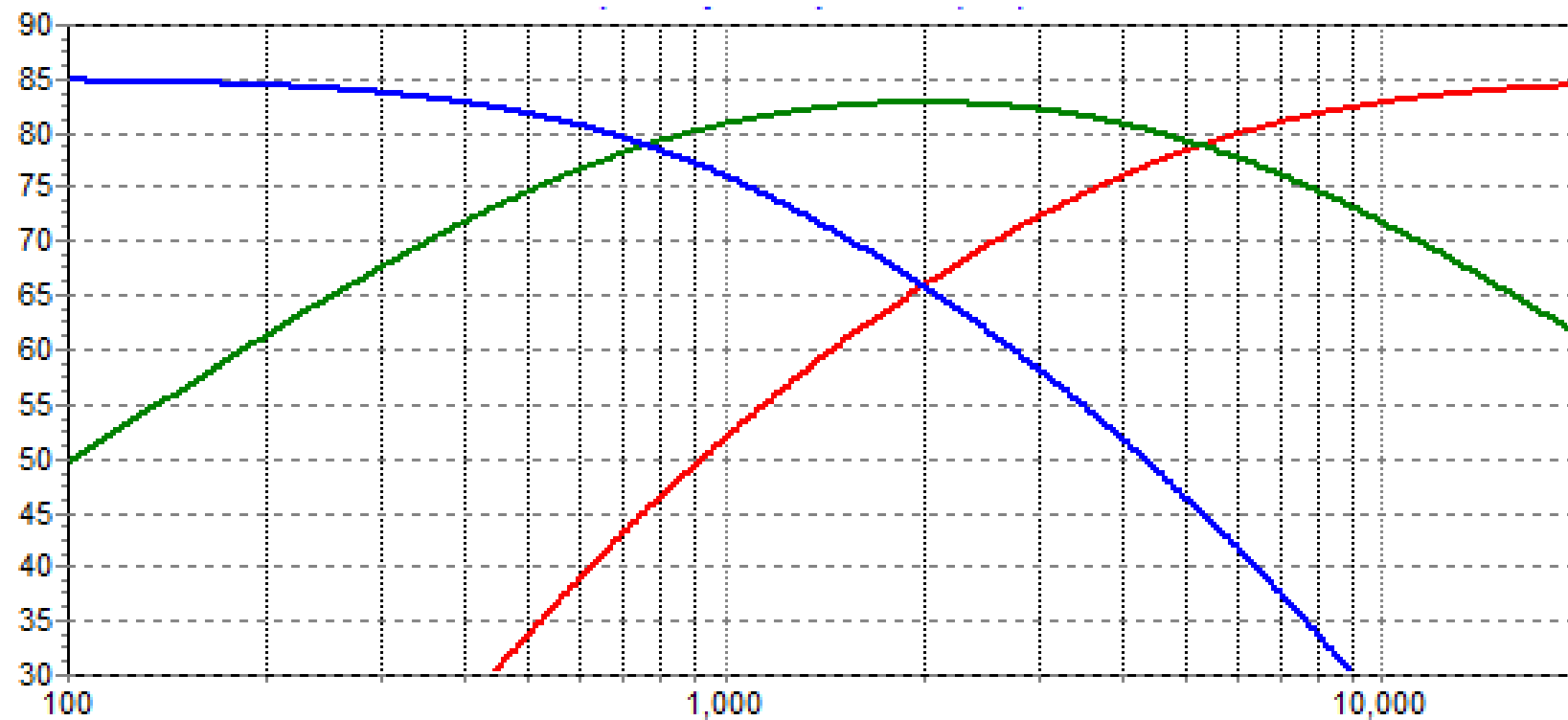
for i in range(0,N):

    f=inf*(sup/inf)**(i/(N-1))
    low=1/(1+a*1j*f/fc-(f/fc)**2)**2      # fonctions de transfert
    mid=(a**2-2)*low*(f/fc)**2
    high=low*(f/fc)**4

    file_low.write(str(f))
    file_low.write("\t")
    file_low.write(str(20*math.log10(abs(low))+offset))
    file_low.write("\t")
    file_low.write(str(57.29*cmath.phase(low)))
    file_low.write("\n")
```

Elaboration d'un filtre passif à trois voies pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Génération du trio de .frd cibles :



Elaboration d'un filtre passif à trois voies
pour un aiguillage électro-acoustique « Synkron »

Itérations pour des simulations s'approchant des cibles,
réalisation, mesures de vérification,
Ecoutes...