

LNG 2400



Cours 3 Sommaire de la rencontre

- Rappel: les courbes de réponse des «systèmes»
- 1. La caractérisation des systèmes linéaires 2: les fonctions de filtre et la notion de résonance
- 2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences à la fois: le spectre
- (Pause)
- 3. L'addition de sinusoïdes (la synthèse) et l'analyse des composantes d'un son complexe: l'analyse spectrale
- Manipulation de *Multi-Speech*

<http://www.seeingwithsound.com/sensub.htm>

Rappel...

Donnez les termes que nous avons utilisés pour décrire les types d'ondes que l'on retrouve dans la parole.

Seriez-vous capables d'identifier ces types de signaux?



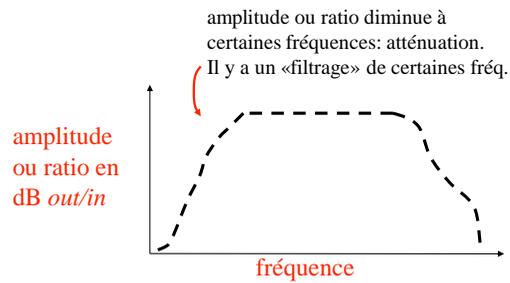
Lesquels des types ci-dessus sont présents dans la parole?

Que dit le Théorème de Fourier au sujet des ondes complexes ?

Rappel...

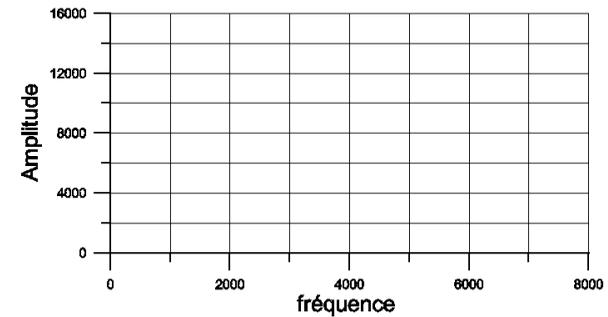
L'exemple du micro, écouteur, etc.

Courbe de réponse typique obtenue lorsqu'on entre des signaux de différentes fréquences et que l'on mesure leurs amplitudes à la sortie du système



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2: les fonctions de filtre et la notion de résonance

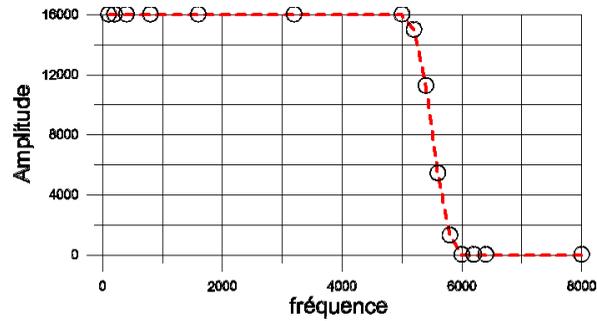
Un exemple avec un système virtuel



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

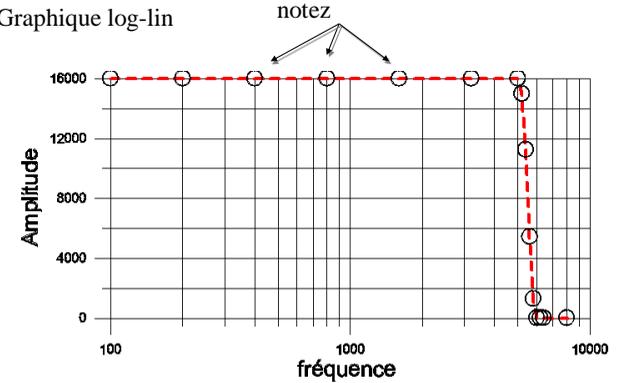
Réponse du «système»



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

Graphique log-lin

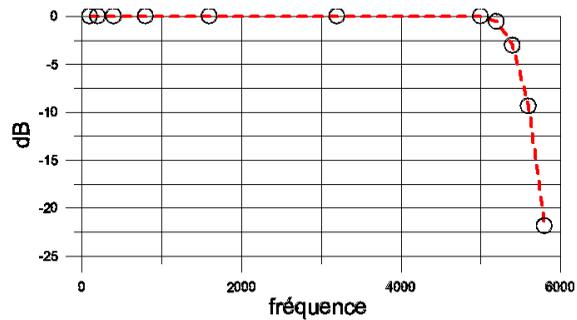


Meilleure représentation par octave que lin-lin

1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

Graphique avec les dB



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

Nous avons un effet de filtre qui «laisse passer» les basses fréquences mais pas les hautes. Un filtre **passé-bas**.

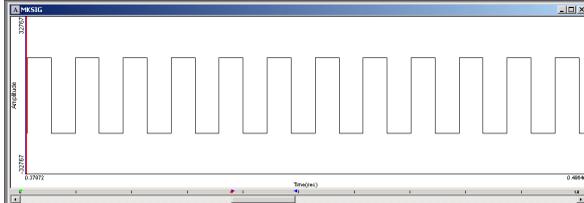
Avec ce type de filtre, qu'arrive-t-il si j'envoie une onde qui augmente de fréquence dans le temps ? (si je fais un «balayage de fréquence»)



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

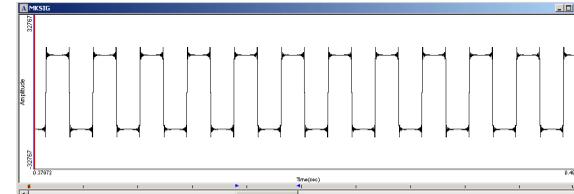
Avec ce type de filtre, qu'arrive-t-il si j'envoie une onde carrée ?



1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

Avec ce type de filtre, qu'arrive-t-il si j'envoie une onde carrée ?



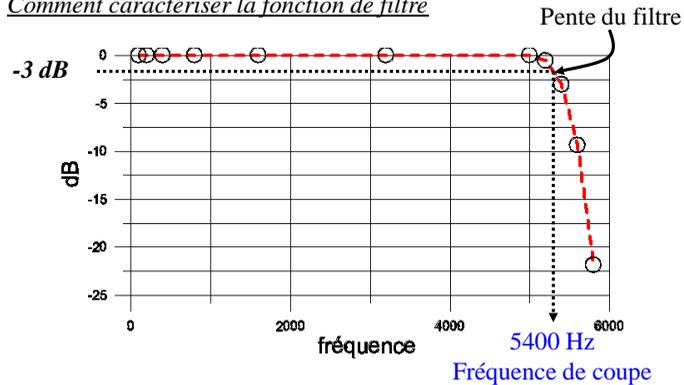
-- la modification de l'onde par un système qui filtre les hautes fréquences démontre que l'onde carrée possède des fréquences, des composantes de haute fréquence

1. La caractérisation des «systèmes» linéaires 2:

les fonctions de filtre et la notion de résonance

À quelle fréquence notre système filtre-t-il les hautes?

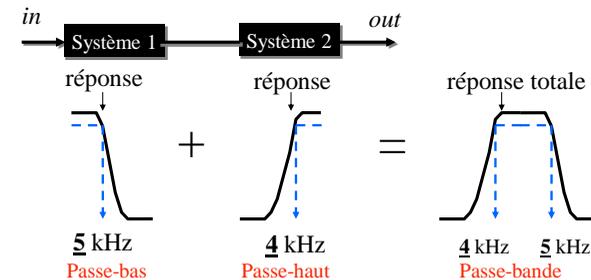
Comment caractériser la fonction de filtre



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

LA question: comment arriver à déterminer plus exactement quelles fréquences sont présentes dans une onde complexe (comme notre onde carrée, ou comme une onde de la parole)?

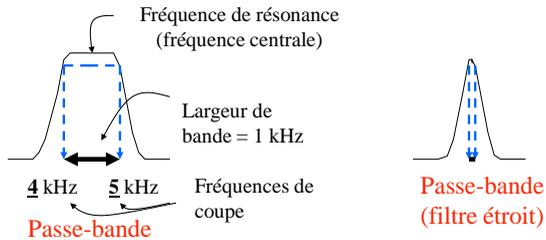
Voici le truc des filtres en série (ou en parallèle)



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

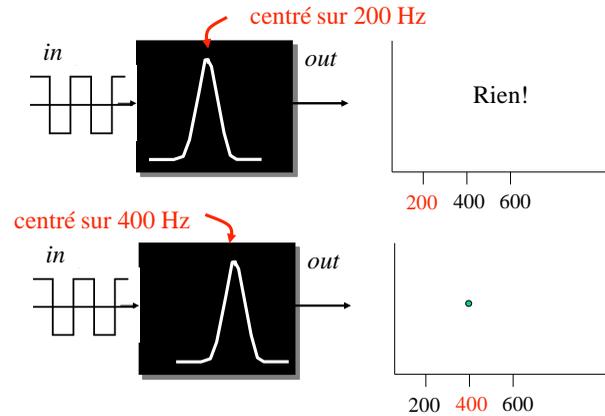
Avec ce type de filtre, il est possible de déterminer si une onde complexe possède des fréquences entre 4 kHz et 5 kHz.

Et on peut rendre l'analyse plus fine en modifiant la **largeur de bande**, la rendant plus étroite et en construisant une batterie de ces filtres tous **centrés** sur différentes fréquences.



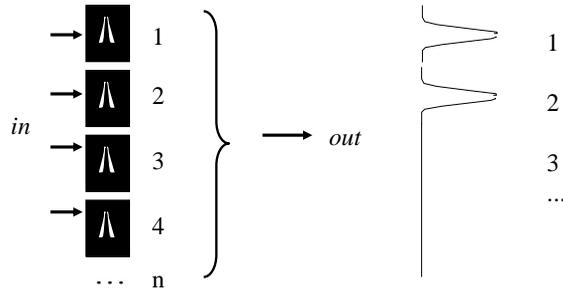
2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Pex., on pourrait obtenir les résultats suivants pour deux filtres passe-bande



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

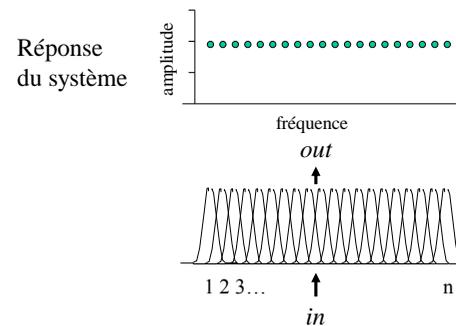
On pourrait en principe construire un système d'analyse constitué d'une série de filtres pour déterminer quelles fréquences sont présentes dans des signaux complexes



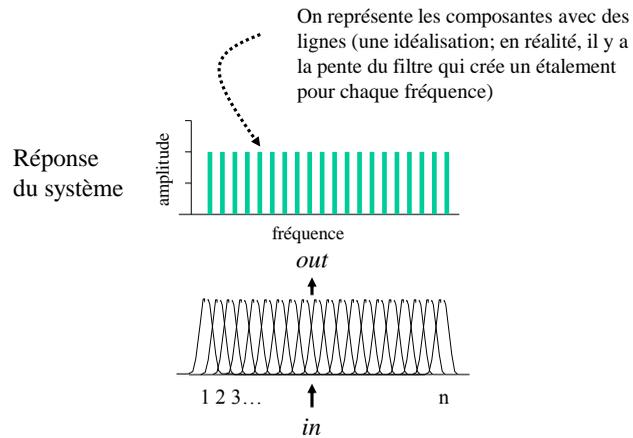
Batterie de filtres passe-bande

2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Quelle serait la réponse de ce système si j'envoyais une série de sons sinusoïdaux ayant différentes fréquences mais tous avec la même amplitude (disons 2)?

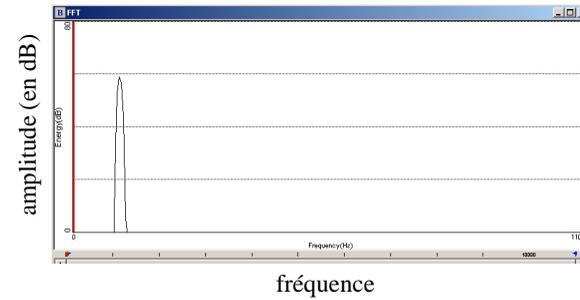


2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre



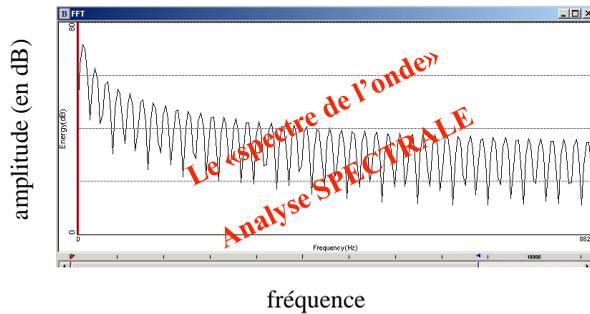
2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Faisons une analyse d'une onde simple avec un système qui émule une batterie de filtres ayant des largeurs de bande de 63 Hz



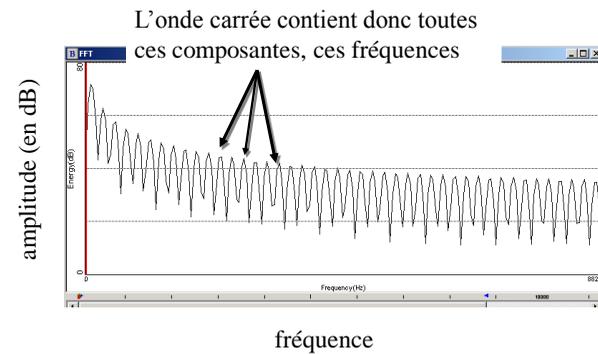
2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Faisons une analyse des composantes de notre onde carrée de tantôt (une onde complexe) avec un système qui émule une batterie de filtres ayant des largeurs de bande de 63 Hz



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

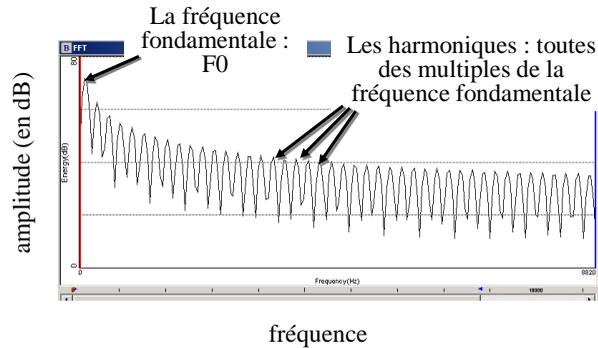
Une analyse spectrale de l'onde carrée:



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Une analyse spectrale de l'onde carrée:

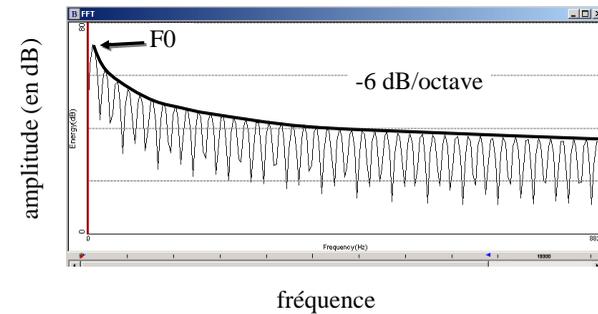
Notions d'**harmoniques** et de **fréquence fondamentale**



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Une analyse spectrale de l'onde carrée:

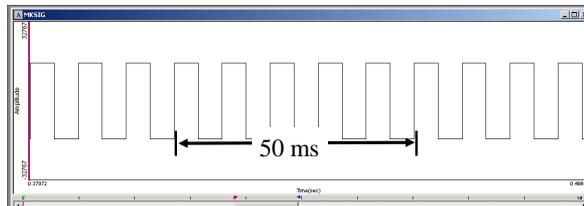
Notez la pente : les **harmoniques** de haute fréquence ont moins d'amplitude



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

Peut-on voir la fondamentale dans un signal oscillographique?
À quoi la reconnaît-on?

Examinez bien l'oscillogramme de l'onde carrée qui a été analysée. Quelle est la période de cette onde ?



2. La réponse d'un système à plusieurs fréquences: le spectre

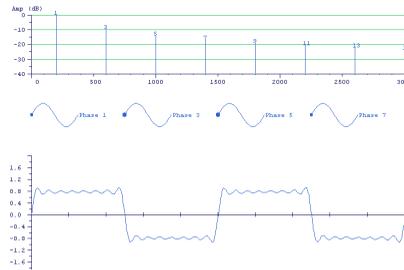
L'analyse spectrale révèle toutes les fréquences composant l'onde complexe.

Si les **harmoniques** d'une onde périodique complexe (les fréquences composant l'onde) sont toutes des multiples de la **fréquence fondamentale**, on peut reconstruire l'onde périodique complexe avec des fréquences simples...

3. L'addition de sinusoïdes (la synthèse) et l'analyse des composantes d'un son complexe: l'analyse spectrale

Si on additionne toutes ces ondes simples, sinusoïdales, on obtient une onde carrée

(n.b.: ici, on ne contrôle pas la largeur de bande)



Qu'arrivera-t-il si on modifie la phase ? Est-ce que cela modifiera le son à la perception ?

En somme...

Tout objet ayant une élasticité agit comme un «filtre» en ce que, lorsque des signaux de différentes fréquences entrent en contact avec l'objet, certaines fréquences sont atténuées tandis que d'autres peuvent demeurer inchangées ou être amplifiées (nous le verrons).

On peut exploiter les propriétés de filtres analogues ou digitaux pour «décomposer» des ondes complexes en ondes simples, c'est-à-dire pour faire une analyse spectrale.

On peut également construire toute onde complexe (faire la synthèse) à partir d'ondes simples.

Typologie des filtres



1. passe-bas

2. passe-bande



3. passe-haut

4. (bande-rejet)
filtre à encoche

Terminologie pour caractériser les filtres

- fréquence de coupe
- largeur de bande (pour 2 et 4)
- fréquence de résonance (fréquence centrale, pour 2 et 4)
- pente (- dB/octave); pour les filtres digitaux: l'«ordre» du filtre
- autres: facteur Q (dans $R\&H$)

Manipulation du *Multi-Speech*

