

LNG 2400

Cours 5

Sommaire de la rencontre



Rappel: d'une représentation temporelle d'une onde à une représentation dans le domaine des fréquences

1. L'analyse spectrale dans le temps 2
2. Application à l'étude des fonctions de transfert
- (Pause)
3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Révision pour le mini-test 1

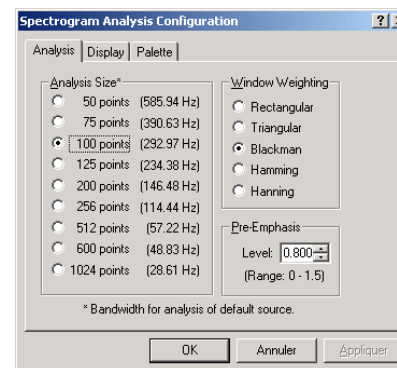
Rappel...

- Quels sont les axes des représentations de signaux suivants :
 - Oscillogramme ?
 - Section spectrale ?
 - Spectrogramme ?
- Laquelle des représentations ci-dessus ne permet pas de voir les harmoniques ?
- Laquelle ne permet pas une mesure de la durée ?

Rappel...

- Les systèmes d'analyses digitaux appliquent des calculs (*FFT*, *LPC*, *etc.*) pour passer du domaine temporel (oscillogramme) au domaine des fréquences (représentation spectrale).
- Ces calculs opèrent par rapport à une fenêtre de prélèvement (un nombre de points échantillonnés).
- Pour n'importe lequel de ces calculs
 - Plus la fenêtre de prélèvement est longue, plus on a de précision sur l'axe des fréquences. (Effet d'un filtre passe-bande étroit.)
 - Plus la fenêtre est courte, plus on a de précision sur l'axe du temps. (Effet d'un filtre passe-bande large.)

1. L'analyse spectrale dans le temps 2



«Filtres d'analyse»: *dans les sys. digitaux*, le nombre de points dans la fenêtre de prélèvement émule une batterie de filtres d'analyse avec des largeurs de bandes spécifiques.

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Sélection du nombre de pts (longueur de fenêtre) = effet d'une batterie de filtres d'analyse ayant des largeurs de bandes spécifiques.

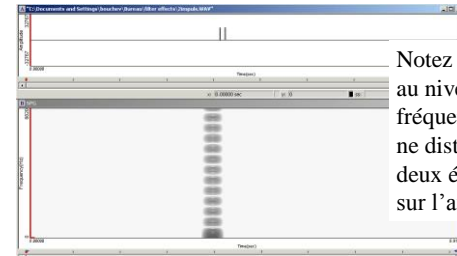
Fréquence d'échan.	No. de points dans la fenêtre (valeurs typiques)								
	50	75	100	125	200	256	512	600	1024
10,000	293 Hz	220 Hz	146 Hz	114 Hz	73 Hz	57 Hz	29 Hz	24 Hz	14 Hz
12,500	366 Hz	275 Hz	183 Hz	142 Hz	92 Hz	71 Hz	36 Hz	31 Hz	18 Hz
16,000	469 Hz	352 Hz	234 Hz	183 Hz	117 Hz	91 Hz	46 Hz	39 Hz	23 Hz
20,000	586 Hz	439 Hz	293 Hz	229 Hz	146 Hz	114 Hz	58 Hz	49 Hz	28 Hz
25,000	732 Hz	549 Hz	366 Hz	286 Hz	183 Hz	143 Hz	72 Hz	61 Hz	35 Hz

(Longueur de la fenêtre : p.ex. une fenêtre de 50 points pour un échantillonnage à 10,000 points/seconde a une longueur de (50/10k) .005 s ou 5 ms)

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Qu'arrive-t-il lorsqu'on analyse **deux signaux rapprochés dans le temps** avec des filtres d'analyse étroit et large ?

Prenons le **spectrogramme** de deux impulsions rapprochées: On applique l'équivalent d'un **filtre d'analyse à bande étroite - 31 Hz** (échant. de 22,050 Hz)

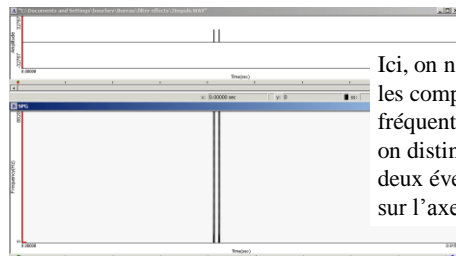


Notez la résolution au niveau des fréquences, mais on ne distingue pas les deux événements sur l'axe du temps

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Qu'arrive-t-il lorsqu'on analyse **deux signaux rapprochés dans le temps** avec des filtres d'analyse étroit et large ?

On applique ici un **filtre d'analyse à bande large -- 323 Hz** (échant. de 22 050 Hz)

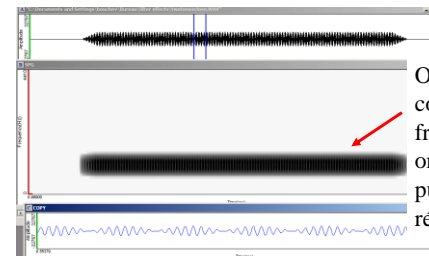


Ici, on ne voit pas les composantes fréquentielles, mais on distingue les deux événements sur l'axe du temps

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Qu'arrive-t-il lorsqu'on analyse **deux fréquences rapprochées l'une de l'autre** avec des filtres d'analyse étroit et large ?

On applique ici un **filtre d'analyse à bande large -- 215 Hz** (échant. de 10 125 Hz)

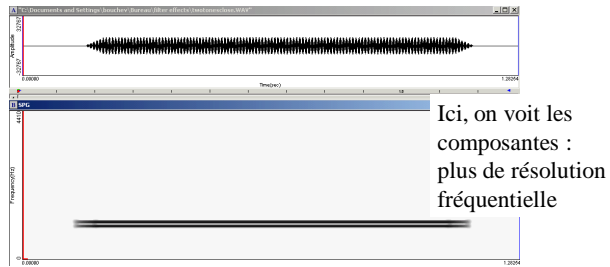


On ne voit pas les composantes fréquentielles, mais on distingue des pulsations: plus de résolution temporelle

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Qu'arrive-t-il lorsqu'on analyse **deux fréquences rapprochées** l'une de l'autre avec des filtres d'analyse étroit et large ?

On applique ici un filtre à bande étroite -- 31 Hz (échant. de 10 125 Hz)



1. L'analyse spectrale dans le temps 2

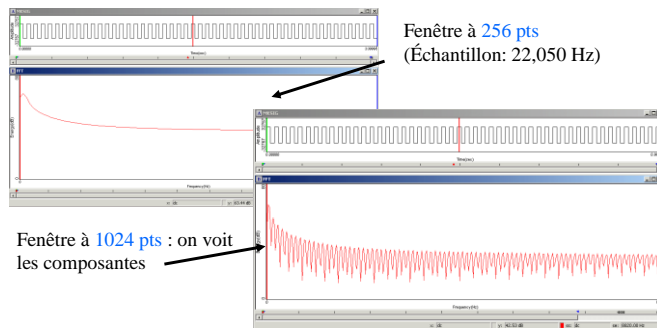
Si on veut.... : on applique...

- Plus de résolution au niveau du temps : filtres d'analyse à bande large (fenêtre de prélèvement contenant **- de points**)
- Plus de résolution au niveau des fréquences : filtres d'analyse à bande étroite (fenêtre de prélèvement contenant **+ de points**)

1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Exemple: les sections spectrales...

- Plus le filtre d'analyse est étroit (plus j'ai de points dans la fenêtre d'analyse), plus il y a de résolution fréquentielle



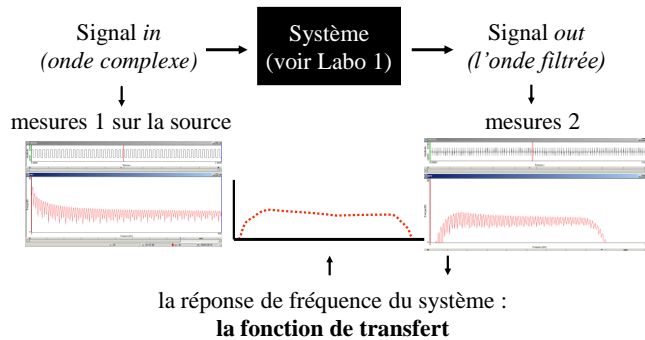
1. L'analyse spectrale dans le temps 2

Ne pas confondre...

- les effets de batteries filtres **d'analyse** - associés aux fenêtres de prélèvement - servant à mesurer un **signal source (signal in)**
- et
- le filtrage subséquent que l'on peut imposer à ce signal en le passant par un système ou **fonction de transfert (signal out)**

2. Application à l'étude des fonctions de transfert

P.ex.



2. Application à l'étude des fonctions de transfert

L'avantage d'une bonne densité spectrale au niveau de la source (*signal in*) pour voir la fonction de transfert

Certains signaux périodiques ont des harmoniques très rapprochées, ce qui présente un avantage pour déterminer la réponse de fréquence d'un système...

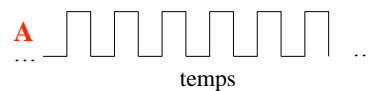
Pouvez-vous dire pourquoi ?

2. Application à l'étude des fonctions de transfert

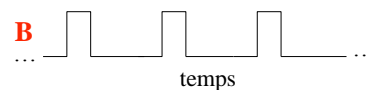
... la densité spectrale : l'exemple des trains d'impulsions

Rappel: pour les signaux périodiques, les **harmoniques** sont des multiples d'une **fréquence fondamentale**.

À supposer que la période du signal suivant soit de 10 ms, quelle est la fréquence de la F0 ?



Si la période est de 20 ms, quelle est la fréquence de la F0 ?

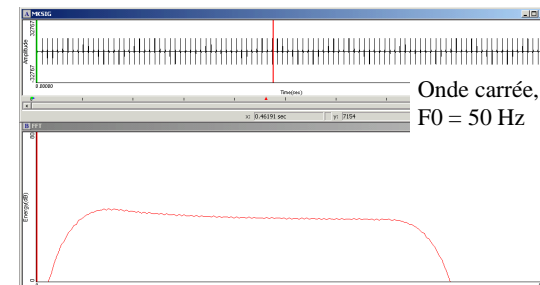


Quel signal aura le plus de densité spectrale ?

2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Serait-il plus facile de voir la fonction de filtre (fonction de transfert) avec un son périodique ayant une F0 élevée ou une F0 basse?

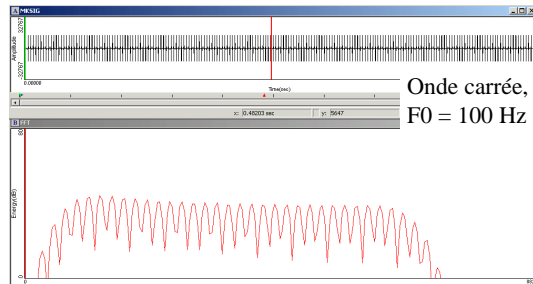
Ex. la fonction de filtre d'un téléphone



2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Serait-il plus facile de voir la fonction de filtre (fonction de transfert) avec un son périodique ayant une F_0 élevée ou une F_0 basse?

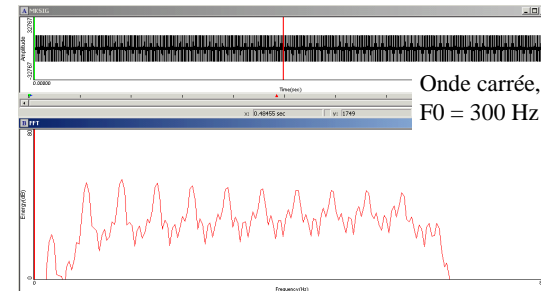
Ex. la fonction de filtre d'un téléphone



2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Serait-il plus facile de voir la fonction de filtre (fonction de transfert) avec un son périodique ayant une F_0 élevée ou une F_0 basse?

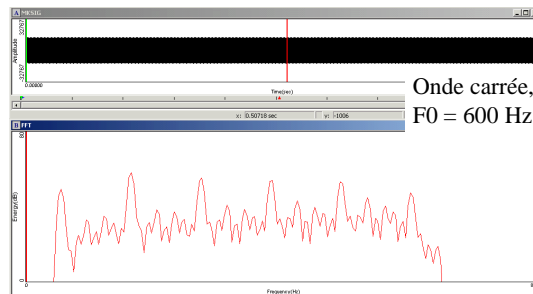
Ex. la fonction de filtre d'un téléphone



2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Serait-il plus facile de voir la fonction de filtre (fonction de transfert) avec un son périodique ayant une F_0 élevée ou une F_0 basse?

Ex. la fonction de filtre d'un téléphone

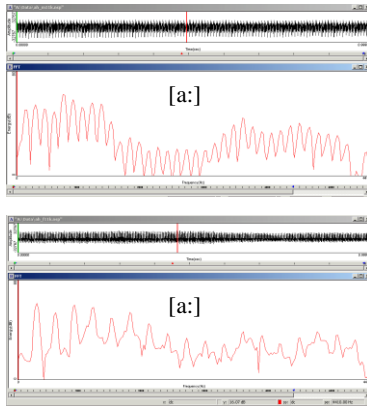


2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Lesquels des signaux suivants offrent une grande densité spectrale permettant de voir plus facilement la fonction de transfert d'un système?

- * Un son périodique complexe avec une fréquence fondamentale de 10 Hz ?
- * Un son périodique complexe avec une fréquence fondamentale de 1000 Hz ?
- * Un «bruit blanc» (contient toutes les fréquences à amplitudes égales) ?
- * Une impulsion très brève ?

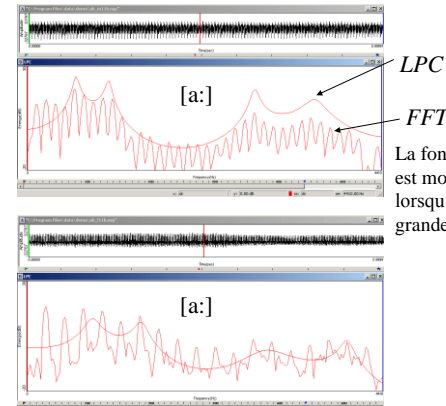
2. Application à l'étude des fonctions de transfert



Voix d'homme
F0 = 113 Hz

Voix de femme
F0 = 230 Hz

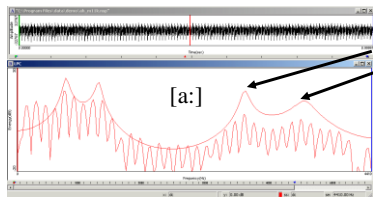
2. Application à l'étude des fonctions de transfert



La fonction de transfert est moins bien définie lorsqu'on a une moins grande densité spectrale

2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Les attributs particuliers d'un spectre de la parole : un aperçu



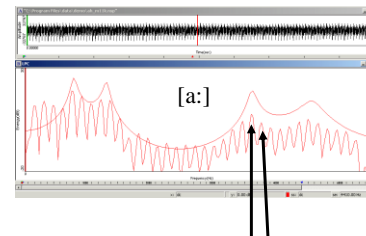
On voit la réponse de fréquence, la **fonction de transfert**, du système : les sommets indiquent des fréquences de résonance comme si le système était une suite de filtres passe-bandes

Comme des filtres passe-bande en parallèle qui «laisse passer» certaines fréquences



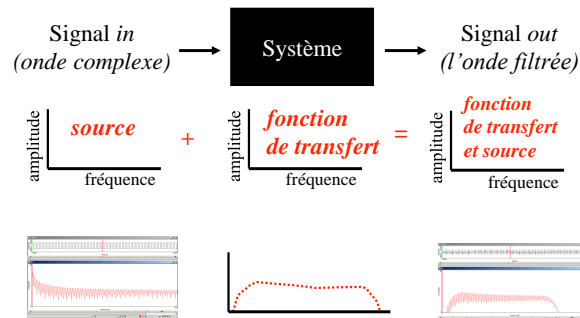
2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Les attributs particuliers d'un spectre de la parole : un aperçu

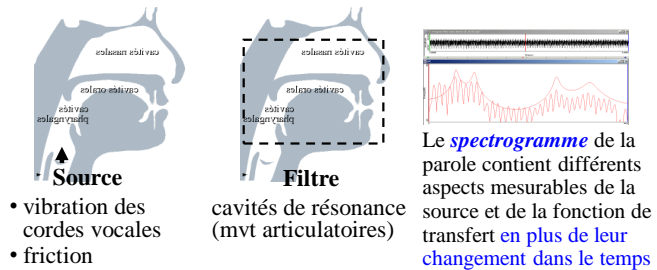
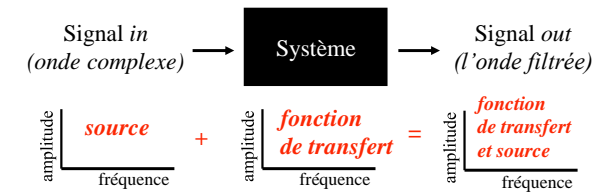


On voit encore les composantes fréquentielles de **la source** (mais pas leurs amplitudes «avant de passer par la fonction de transfert»)

2. Application à l'étude des fonctions de transfert



2. Application à l'étude des fonctions de transfert



2. Application à l'étude des fonctions de transfert

Comment observer les aspects associés à la source et les aspects associés à la fonction de transfert dans un spectrogramme (à base du calcul FFT) ?

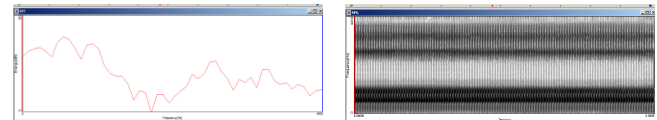
- Source : des composantes fréquentielles rapprochées l'une de l'autre → **filtres d'analyse étroits**
- Fonction de transfert : des bandes de fréquences qui ont une amplitude plus importante → **filtres d'analyse larges**

3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

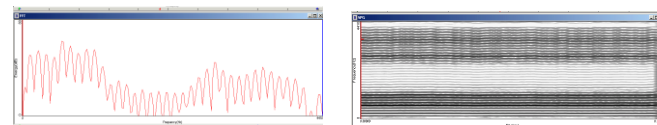
Comparaisons d'analyses des la voyelle [a:], (voix d'homme)

Sections spectrales (FFT), Spectrogrammes (FFT),

Fenêtre de 128 points
(émule des filtres d'analyse larges, environ 120 Hz)

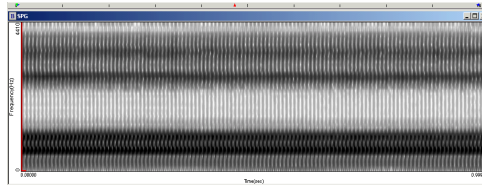


Fenêtre de 512 points
(émule ici des filtres d'analyse étroits, environ 31 Hz)

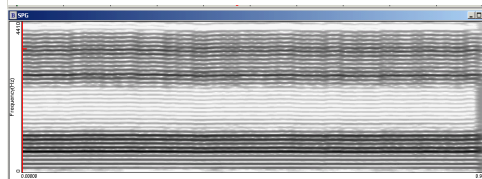


3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Spectrogrammes (FFT),



Fenêtre de 128 points
(émule des filtres
d'analyse larges,
environ 120 Hz)

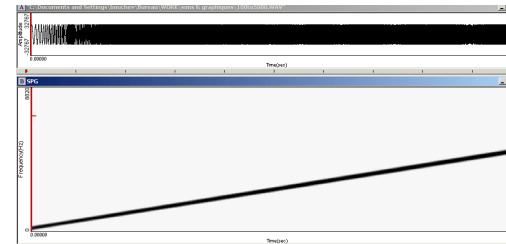


Fenêtre de 512 points
(émule des filtres
d'analyse étroits,
environ 31 Hz)

3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si la source varie en fréquence, mais la fonction de transfert demeure la même ?

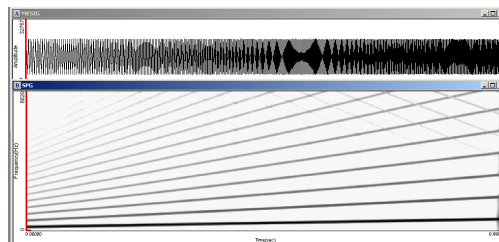
Prenons d'abord une onde simple qui augmente en fréquence dans le temps (100Hz à 5kHz).



3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si la source varie en fréquence, mais la fonction de transfert demeure la même ?


Prenons une onde triangulaire dont la fréquence varie de 200 à 700 Hz et un filtre d'analyse étroit.

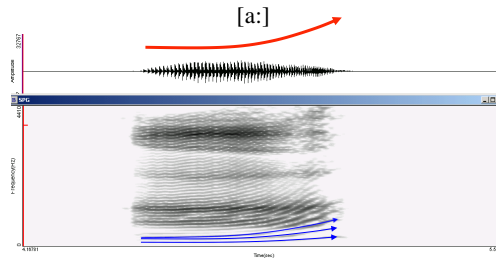


n.b. les harmoniques qui sont des multiples de la F0 augmentent rapidement dans le temps

3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si la source varie en fréquence, mais la fonction de transfert demeure la même ?

Prenons une onde périodique complexe ([a:]) dont la fréquence de la source augmente dans le temps avec un filtre étroit 

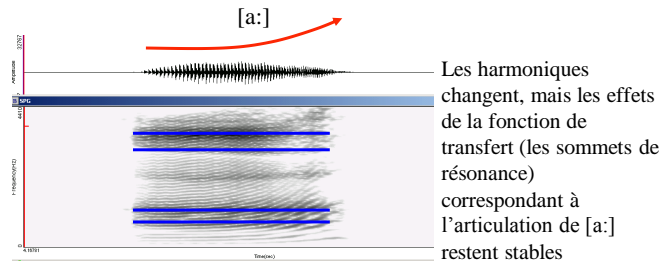


n.b. les harmoniques qui sont des multiples de la F0 augmentent rapidement dans le temps

3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si la source varie en fréquence, mais la fonction de transfert demeure la même ?

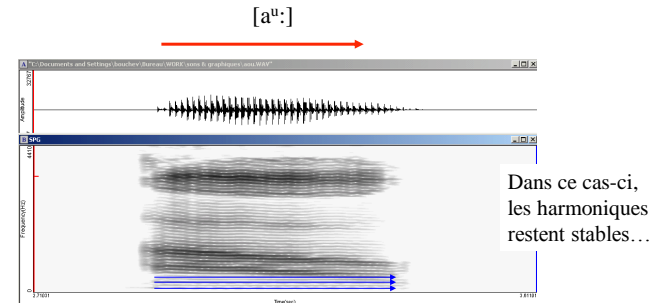
Prenons une onde périodique complexe ([a:]) dont la fréquence de la source augmente dans le temps avec un filtre étroit 🗣️



3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si on change la fonction de transfert sans changer la fréquence de la source ?

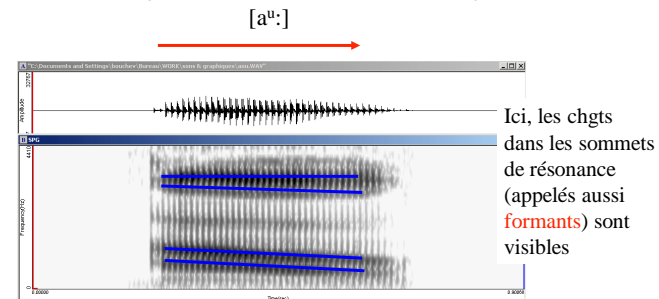
Prenons une onde périodique complexe ([a^u:]) dont la fonction de transfert change dans le temps, avec un filtre étroit 🗣️



3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

Qu'arrivera-t-il au spectrogramme si on change la fonction de transfert sans changer la fréquence de la source ?

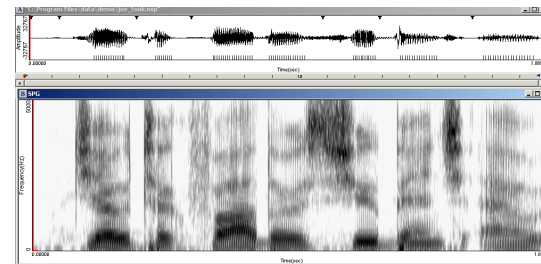
Prenons une onde périodique complexe ([a^u:]) dont la fonction de transfert change dans le temps, avec un filtre large 🗣️



3. L'effet des largeurs de bandes dans l'analyse

À venir: la lecture et l'interprétation d'un spectrogramme

Joe took father's shoebench out



En somme...

- Lorsqu'on fait une analyse spectrale (ayant pour base le *FFT*) :
 - ✓ Une fenêtre de prélèvement **longue** sur l'axe du temps (contenant plusieurs points d'échantillonnage) aura un effet de filtres d'analyse à bande ÉTROITE
 - ✓ Une fenêtre de prélèvement **courte** sur l'axe du temps (contenant moins de points d'échantillonnage) aura un effet de filtres d'analyse à bande LARGE

En somme...

- *Dans l'analyse de la parole, la manipulation des largeurs de filtres permet d'observer différents aspects associés à la source (la voix, le bruit) et à la fonction de transfert (les cavités de résonance).*
 - ✓ Lorsque l'on veut observer les variations de la **source** dans le temps surtout pour des sons périodiques, on utilisera des filtres d'analyse **étroits**
 - ✓ Lorsqu'on veut observer les variations souvent très rapides associées aux mouvements des **cavités de résonance**, on utilisera des filtres d'analyse **larges**.