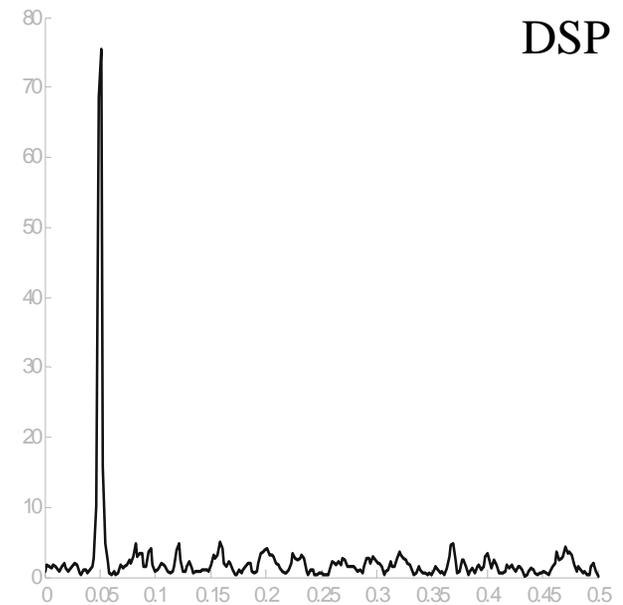
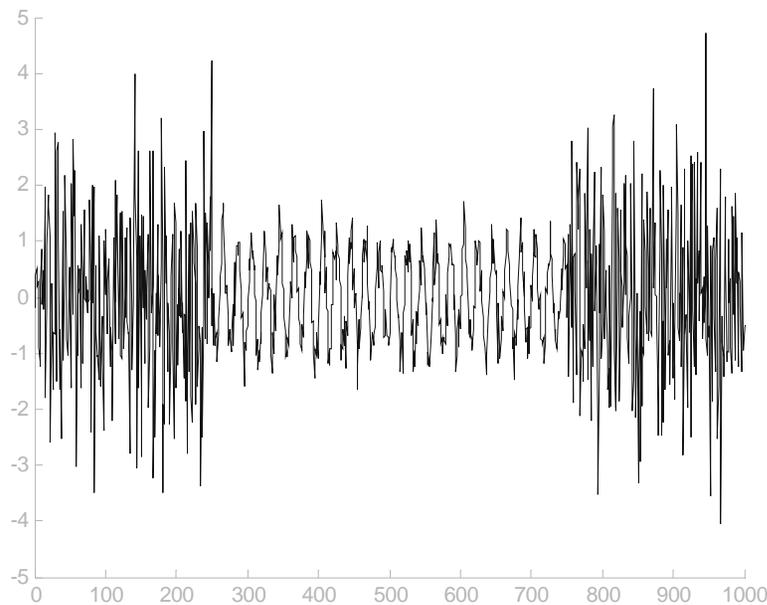


- Nous avons vu que la densité spectrale de puissance permet de caractériser le contenu fréquentiel d'un signal.
- Mais rappelons qu'une hypothèse importante de départ est que le signal est *stationnaire*, c'est-à-dire que sa structure doit être invariante dans le temps.
- Sinon, lorsqu'on estime la fonction d'autocorrélation en estimant la valeur moyenne du produit $x(n)x(n+k)$, on somme des valeurs qui varient selon n .

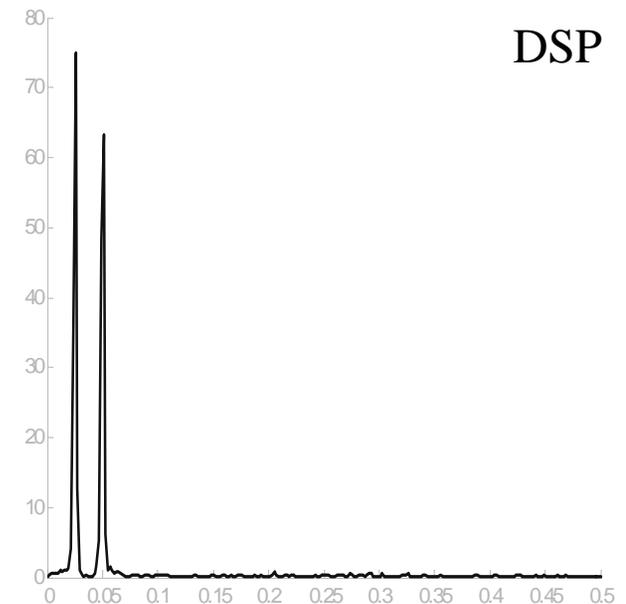
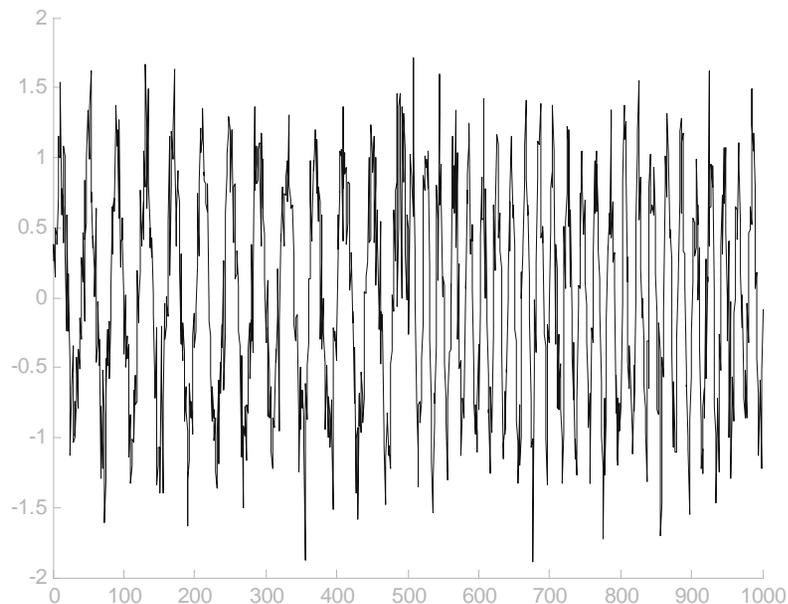
- On peut toujours estimer la DSP, mais le résultat va être une moyenne des caractéristiques fréquentielles des différentes parties du signal.
- On ne sait pas dans la DSP estimée ce qui correspond à quoi.
- Autrement dit, on n'a pas l'information temporelle, par exemple si un pic en fréquence correspond à une oscillation à tel ou tel instant.

- Exemple: une oscillation pas toujours présente



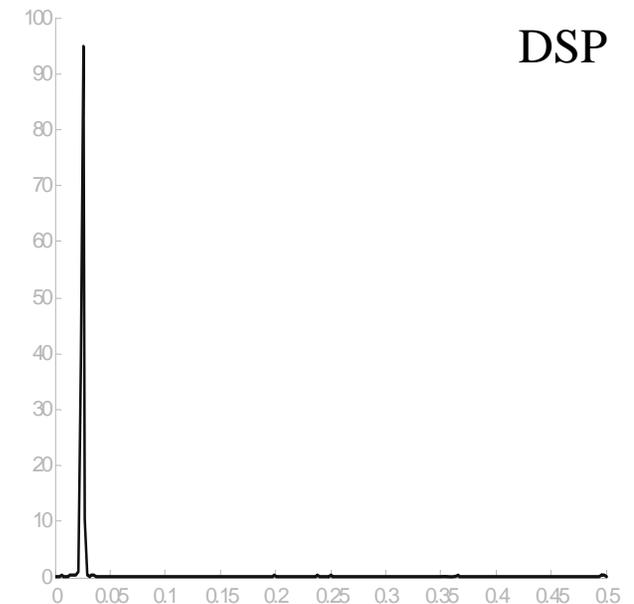
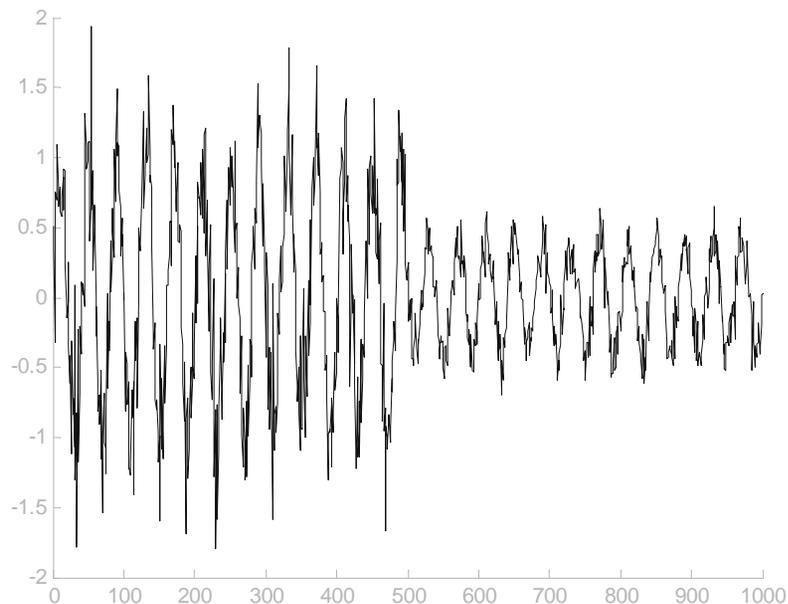
- La DSP donne seulement l'information d'oscillation

- Exemple: changement de fréquence



- La DSP ne montre pas ce changement

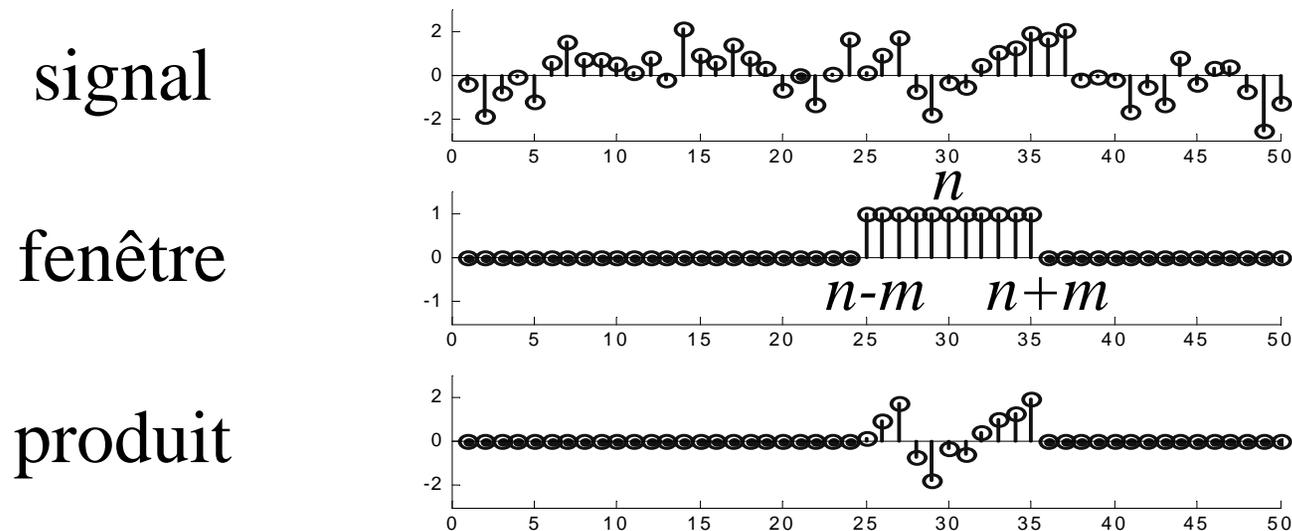
- Exemple: changement d'amplitude



- La DSP ne montre pas ce changement

- Bien sûr, on peut repérer à l'œil les zones où le signal est stationnaire, et faire une estimation de la DSP séparément sur chaque zone.
- Mais ceci nécessite qu'on soit effectivement capable de repérer ces zones, et on n'a pas d'information sur les transitions, qui peuvent être intéressantes.
- En fait, pourquoi ne pas estimer la DSP locale systématiquement au cours du temps?

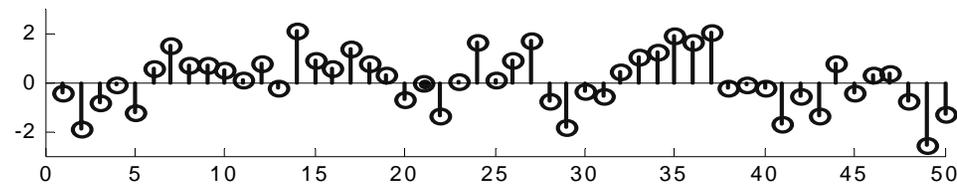
- Isoler une portion de signal autour de l'indice n (typiquement entre $n-m$ et $n+m$) revient à multiplier le signal par une fonction fenêtre de largeur $2m+1$ centrée en n :



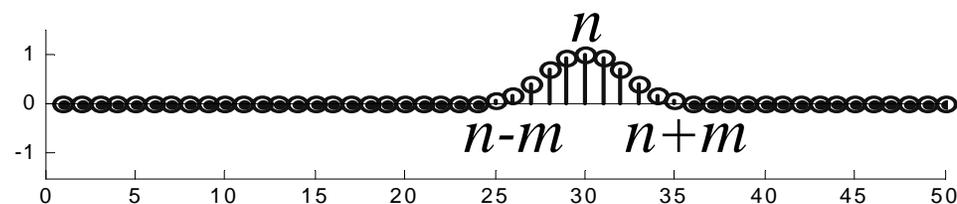
- Et voilà! Pour chaque valeur de n on calcule la transformée de Fourier du signal fenêtré, on prend la valeur de l'amplitude au carré et on divise par le nombre d'échantillons, soit $2m+1$.
- Ceci revient donc à utiliser l'estimateur simple, qui n'est pas très bon. On ne peut pas utiliser l'estimateur moyenné car il y a en principe peu d'échantillons. Par contre, on peut adoucir le résultat en changeant la fonction fenêtré.

- On utilise de nouveau une fenêtre en bosse (ici fenêtre de Hamming). On donne donc plus d'importance aux échantillons d'indices proches de n .

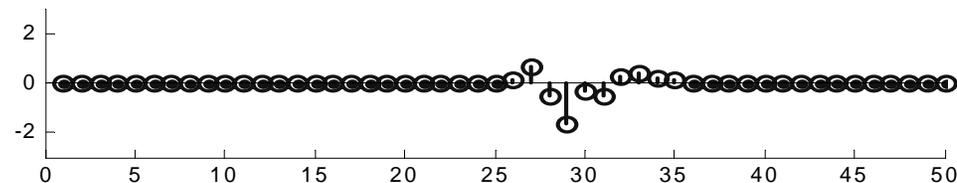
signal



fenêtre

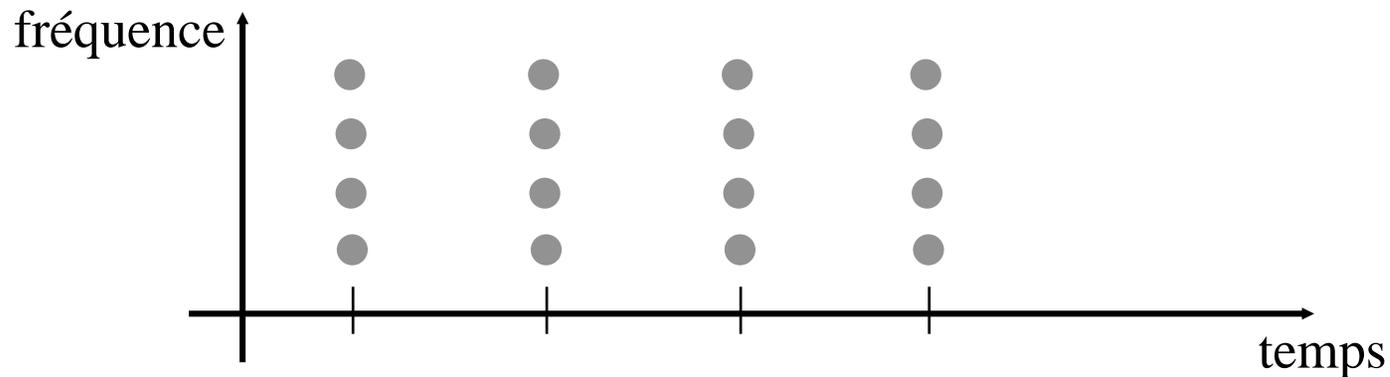


produit



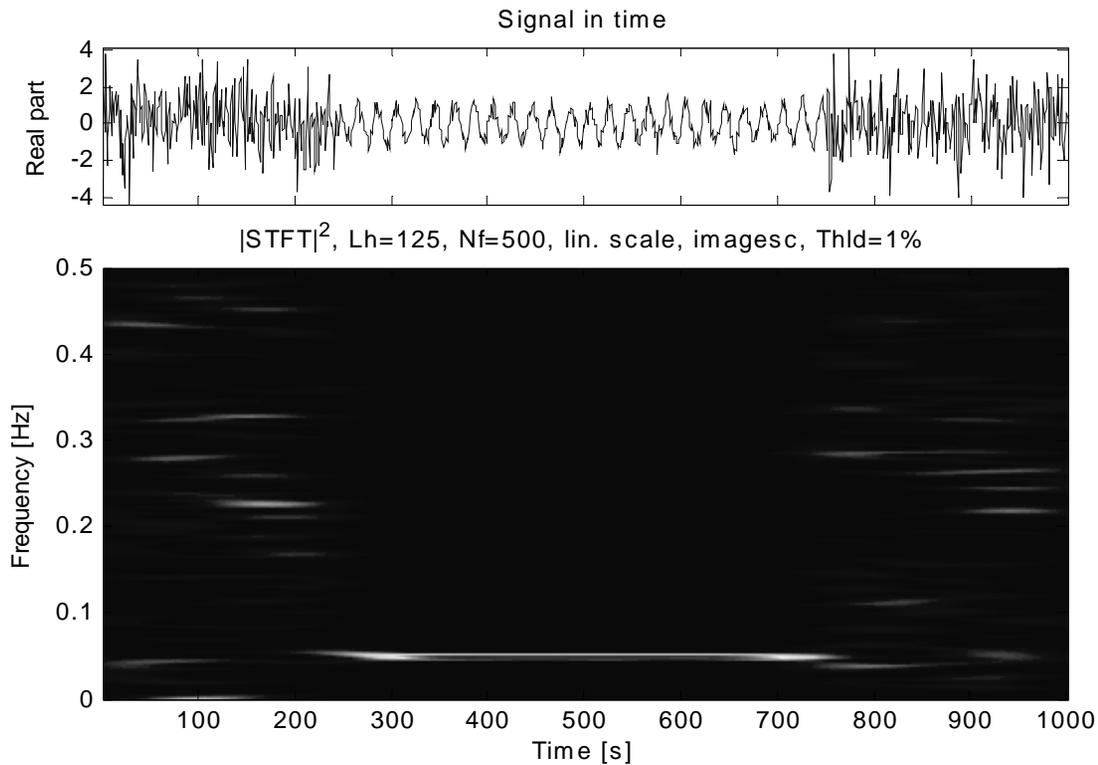
- On peut montrer qu'utiliser ce type de fenêtre sur les échantillons est semblable à l'utiliser sur la fonction d'autocorrélation estimée (estimateur adouci).
- On doit bien sûr corriger le changement de puissance du signal induit par le produit, puisque les échantillons résultants ont une amplitude plus petite car les valeurs de la fonction fenêtre sont inférieures à 1.

- On y est! On a maintenant pour chaque indice temporel une estimée de densité spectrale (pour un nombre fini de valeurs de fréquence).

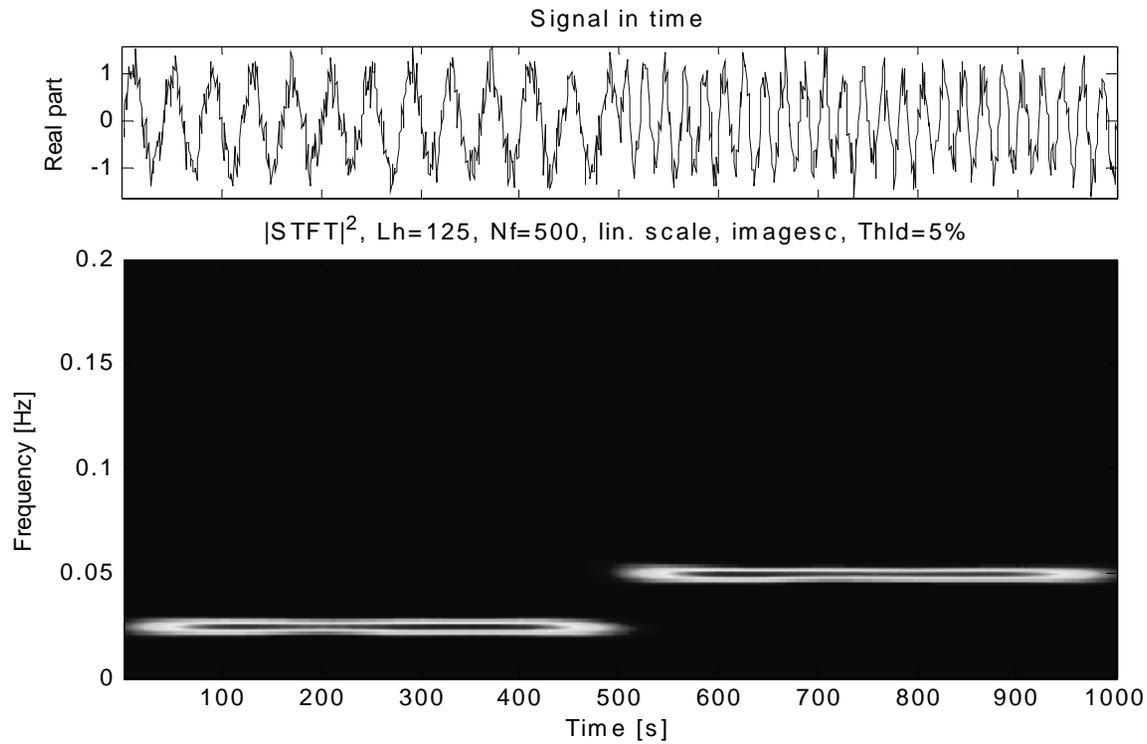


- C'est ce qu'on appelle souvent un plan temps-fréquence. Pour le représenter on va coder les valeurs avec des couleurs, typiquement foncé pour petit et vif pour grand.

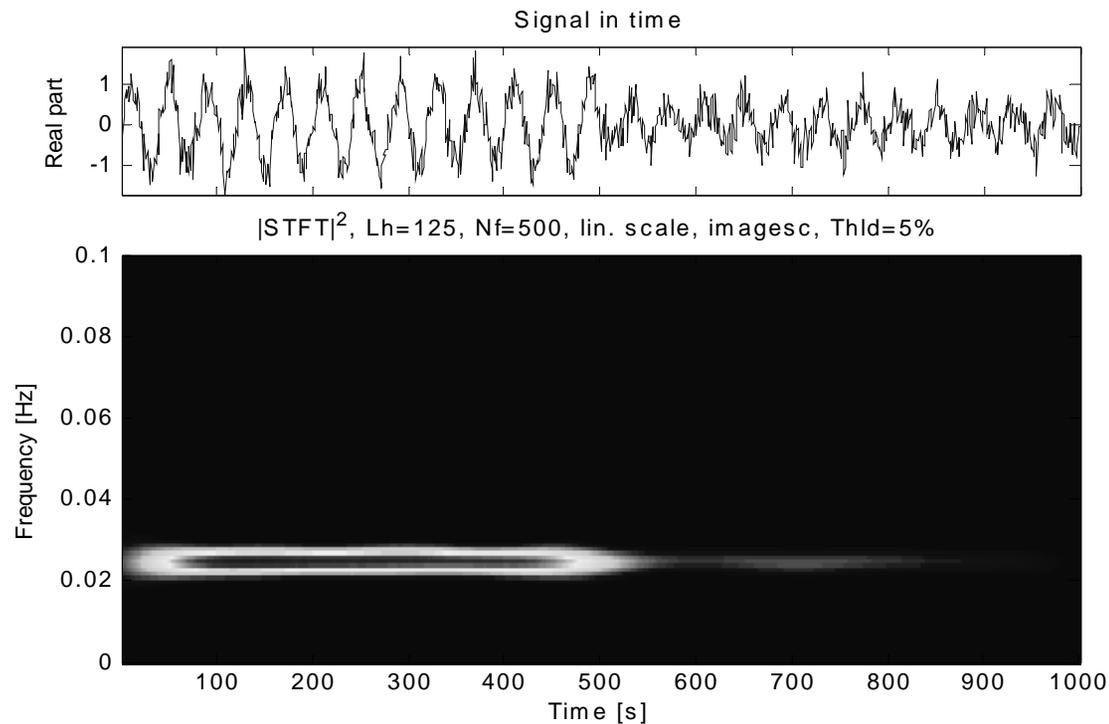
- Signal de la page 3



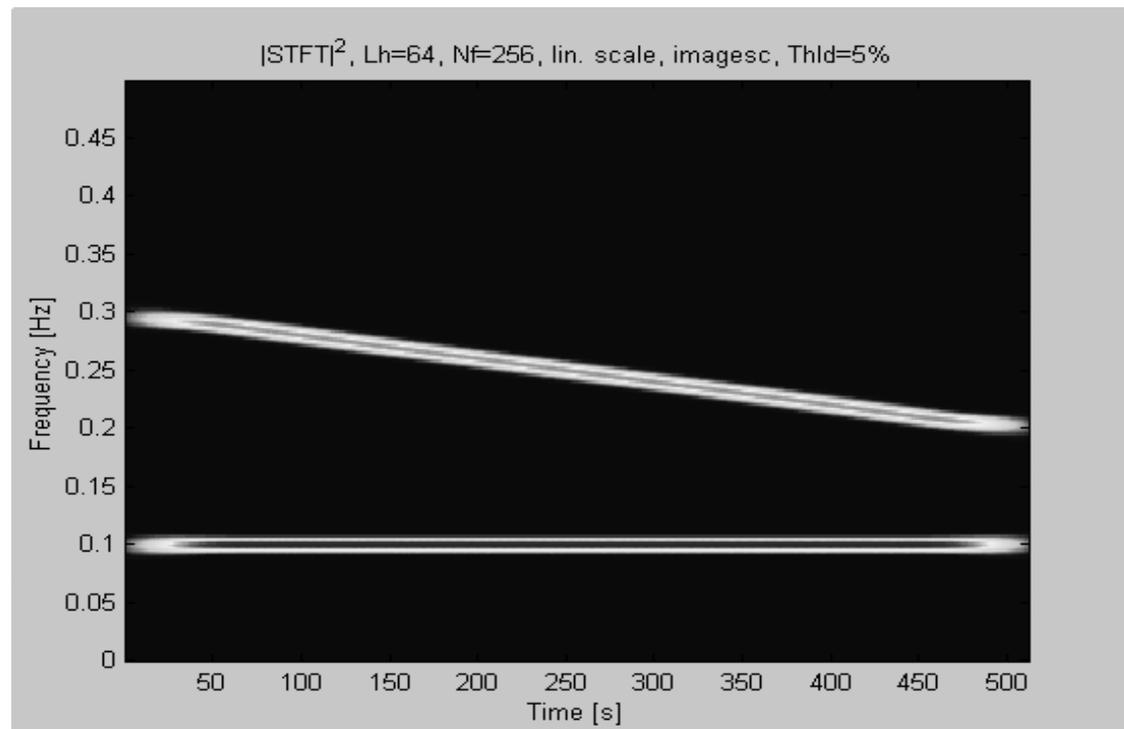
- Signal de la page 4



- Signal de la page 5

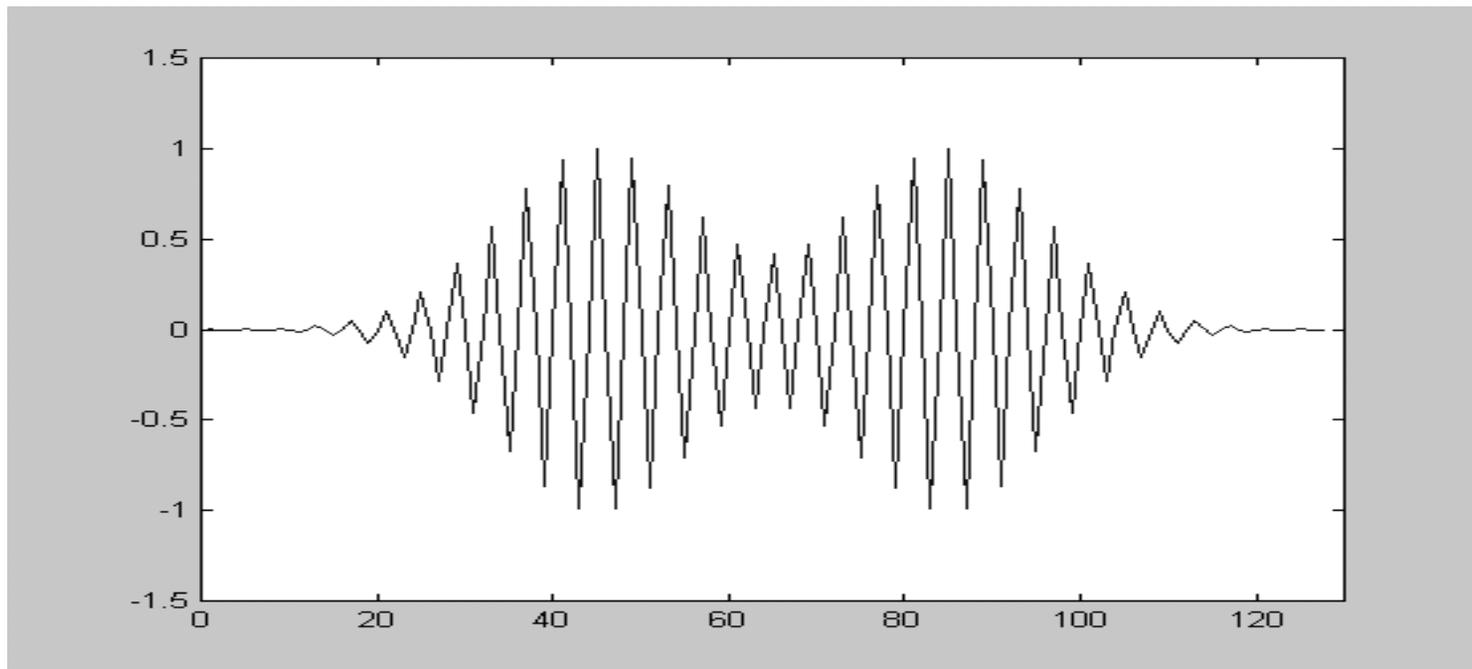


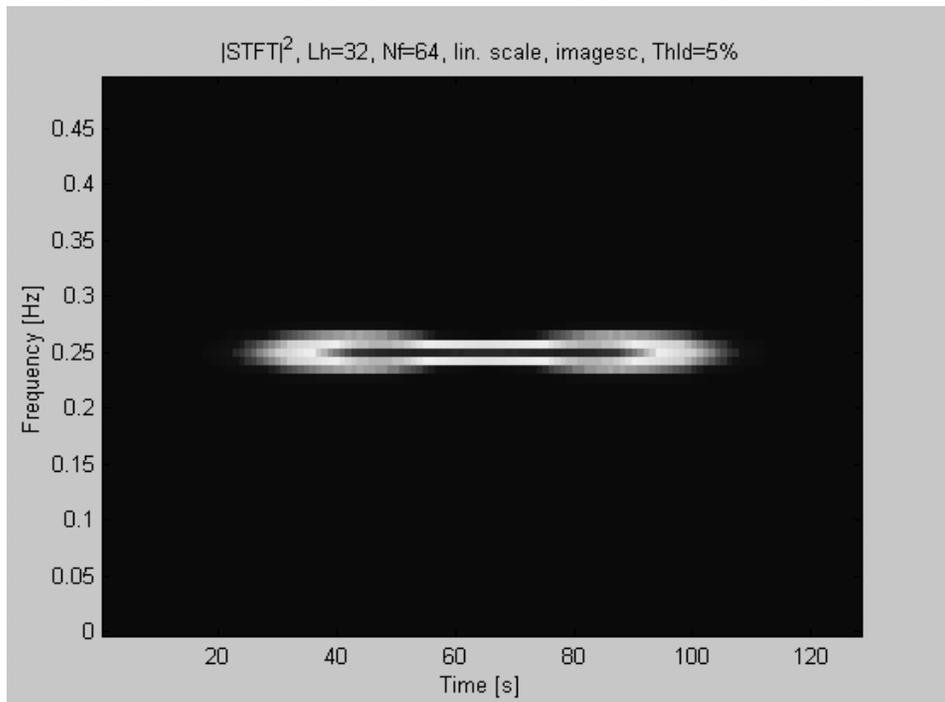
- Signal composé d'une sinusoïde pure et d'une sinusoïde modulée linéairement en fréquence.



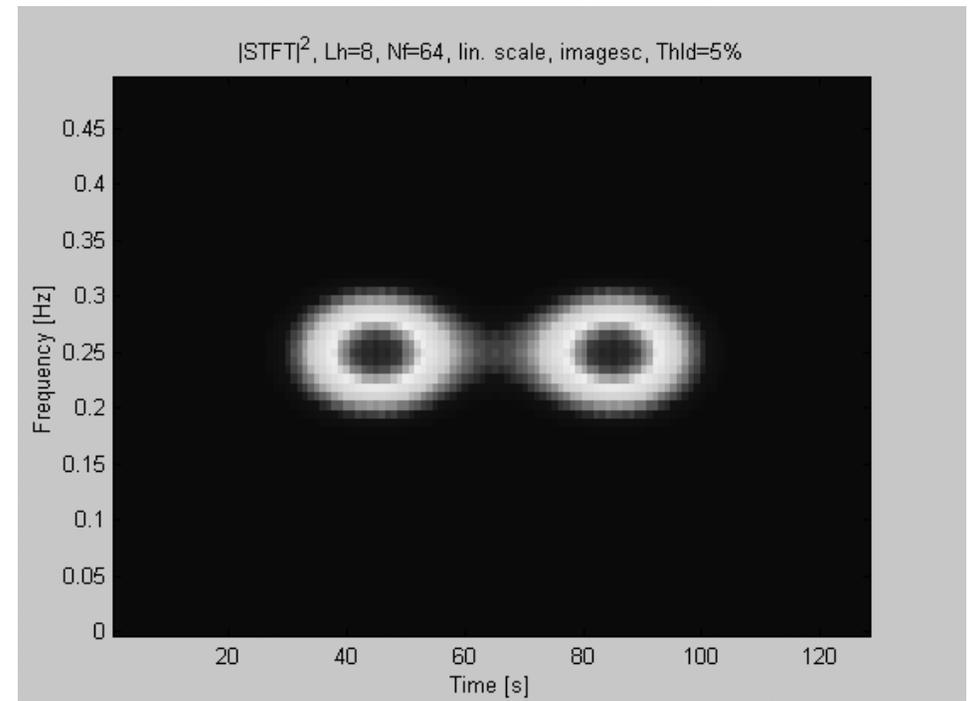
- Le principal désavantage de la STFT est le *mauvais compromis réalisé parfois entre résolutions temporelle et fréquentielle*.
- En effet, pour être plus précis en temps, on peut prendre une fenêtre temporelle plus courte. Mais alors, on a moins d'échantillons pour faire l'estimation spectrale, et on est moins précis en fréquence.

- Illustration: 2 fonctions de Gabor de même fréquence et proches dans le temps



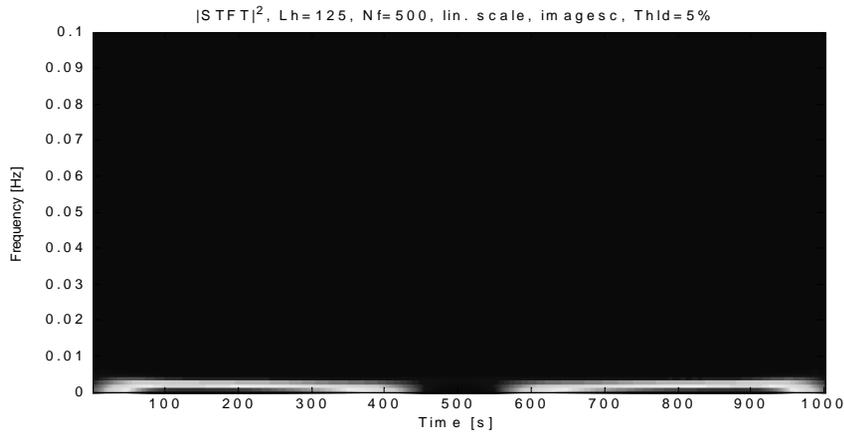


Fonction d'analyse:
Hamming de longueur 65

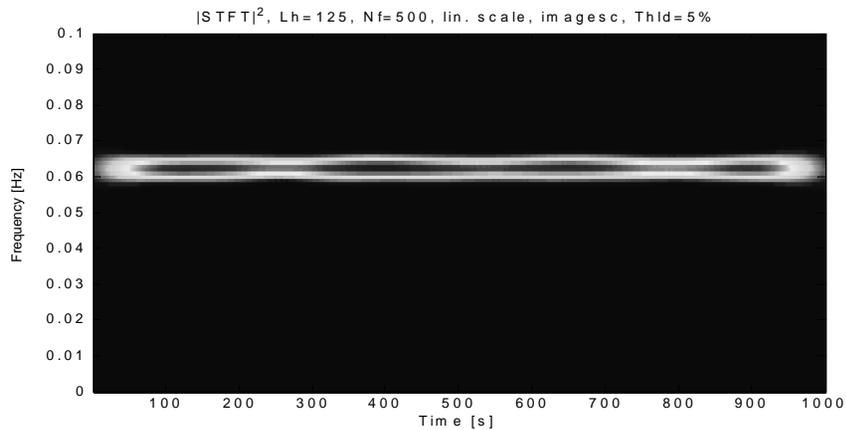
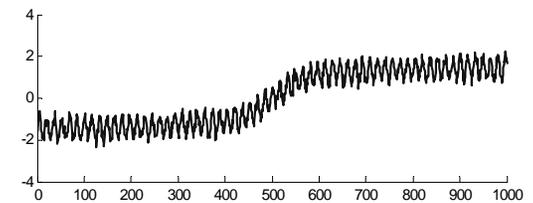


Fonction d'analyse:
Hamming de longueur 17

- Le signal peut contenir un changement lent de valeur moyenne. Ceci correspond à une fréquence très basse mais une puissance importante.
- Résultat: du fait de la représentation en code de couleurs, on ne voit que cette composante dans le plan temps-fréquence.
- Solution simple: faire un filtrage passe-haut ne coupant que les très basses fréquences (filtrage aller-retour bien sûr pour ne pas déphaser).



signal



après filtrage