

BE SUR LES REPRÉSENTATIONS TEMPS-FRÉQUENCE

I. OBJECTIFS DU BE

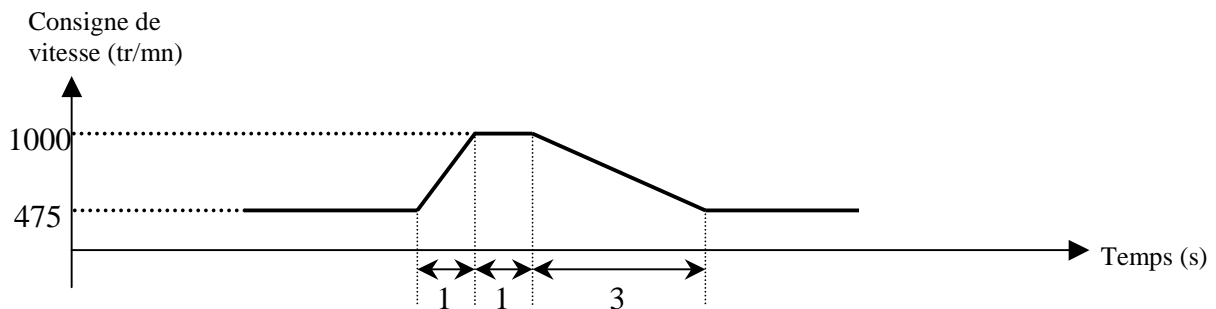
Illustrer l'apport des représentations temps-fréquence pour l'analyse spectrale de signaux non-stationnaires. Pour cela, le **spectrogramme** sera utilisé pour analyser l'évolution du contenu spectral d'un signal mesuré sur une machine tournante.

II. DESCRIPTION DES SIGNAUX

Le signal que vous aurez à traiter dans ce BE est l'un des trois courants de phase de la machine asynchrone (MAS) faisant partie du banc de commande vectorielle décrit dans le BE d'analyse spectrale précédent. Les paramètres de ce banc qui vous seront utiles pour interpréter physiquement vos résultats sont les suivants :

- nombre de paires de pôles de la MAS $p = 2$,
- le phénomène d'encoches le plus marqué est situé autour de 72 fois v_r (fréq. de rotation),
- fréquence de MLI de la commande $v_{MLI} = 5$ kHz.

Lors de cette expérimentation, ce système fonctionnait avec une consigne de vitesse de rotation variable, dont le profil est une accélération suivie d'une décélération :



Le fichier de données dont vous disposez contient les échantillons d'un des courants statoriques de la MAS, exprimés en Ampères et échantillonnés à une fréquence de $v_e = 16384$ Hz. D'après les conditions de fonctionnement considérées, ce signal est non-stationnaire puisque ses caractéristiques fréquentielles changent au cours du temps. Si on veut connaître l'évolution de ces caractéristiques avec précision, l'analyse spectrale classique (qui est adaptée aux signaux stationnaires) ne suffit plus et l'emploi des représentations temps-fréquence devient nécessaire.

III. ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Vous allez travailler sous le logiciel de programmation Matlab en ligne de commande. Afin d'estimer les représentations temps-fréquence nécessaires à ce BE, vous utiliserez la fonction « spectrogram » de Matlab, dont le mode d'emploi est détaillé en annexe.

Bon travail !!

IV. ANALYSE DU SIGNAL DE COURANT STATORIQUE NON-STATIONNAIRE

IV.1 Objectif

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité de la réponse du système complet à la consigne de vitesse de rotation. Cette étude se décompose en deux étapes :

- analyse de la commande du système, c'est à dire le fondamental statorique,
- analyse de la sortie du système, c'est à dire de la vitesse de rotation du moteur.

Chargez pour cela en mémoire le signal à analyser par la commande « `load signalcrtns.mat` », ce qui rend disponible :

- le signal de courant dont les 123000 échantillons sont contenus dans le vecteur « `crtns` »,
- sa fréquence d'échantillonnage dont la valeur en Hertz est dans la variable « `fe` ».

Vous pouvez afficher l'allure temporelle de ce signal par la commande « `plot(crtns)` » et noter ainsi son caractère non-stationnaire.

IV.2 Analyse autour du fondamental

L'objectif est de suivre le plus précisément possible l'évolution de la fréquence du fondamental du courant en réponse à la consigne de vitesse imposée.

La formule suivante donnant la longueur « optimale » N_{opt} des blocs en fonction des variations de fréquence à analyser $\Delta\nu/\Delta t$ a été établie en cours (voir poly) :

$$N_{opt} = \nu_e \sqrt{\frac{\Delta t}{\Delta \nu}}$$

Déduisez-en un ordre de grandeur de N pour que le spectrogramme illustre bien les variations du fondamental, puis utilisez ce résultat afin de réaliser l'analyse temps-fréquence.

Votre résultat correspond-il à ce que vous attendiez d'après la consigne de vitesse imposée lors de cette manœuvre ? En d'autres termes, la commande du moteur vous semble-t-elle réagir correctement à cette sollicitation ?

IV.3 Analyse sur toute la bande fréquentielle disponible

Utilisez l'échelle logarithmique (les dB) lors de l'affichage du spectrogramme afin de faire apparaître toutes les composantes du signal de courant, même les plus petites. Déduisez-en l'origine physique des principales familles de composantes.

IV.4 Analyse autour du phénomène d'encoches

L'objectif est de comparer l'évolution de la vitesse de rotation du moteur, sortie de ce système, à la consigne de vitesse imposée. Malheureusement, le signal issu du capteur de vitesse n'est pas disponible et n'a donc pas été échantillonné. Il est malgré tout possible d'utiliser certaines composantes spectrales du courant pour remonter à cette information. C'est par exemple le cas des 2 « raies d'encoches », composantes du courant qui restent constamment situées de part et d'autre de 72 fois ν_r , fréquence de rotation de la MAS.

Calculez grâce à la formule précédente un ordre de grandeur de N pour que le spectrogramme illustre bien ce phénomène d'encoche. Utilisez ce résultat pour régler correctement le spectrogramme et réaliser l'analyse temps-fréquence du phénomène d'encoches.

Déduisez de vos résultats si la vitesse de rotation du système suit correctement la consigne imposée.

Conclusion générale sur la qualité de la réponse de ce système au profil de consigne imposé ?

ANNEXES. Mode d'emploi de la fonction `spectrogram`

La fonction « `spectrogram` » s'utilise en ligne de commande de la manière suivante :

```
[stft,f,t]= spectrogram(sig,fen,rec,Nfft,fe);  
rtf=abs(stft).^2;
```

Ses paramètres d'entrée/sortie sont les suivants :

- Entrées

`sig` : échantillons du signal à analyser
`fen` : fenêtre de pondération appliquée à chaque bloc,
sa longueur `N` fixant la taille des blocs,
les plus courantes étant `boxcar(N)`, `hanning(N)`, `blackman(N)`
`rec` : recouvrement en échantillons entre deux blocs consécutifs (min=0, max=`N`)
`Nfft` : taille de la TFD (zero-padding si `Nfft>N`)
`fe` : valeur de la fréquence d'échantillonnage en Hertz

- Sorties

`stft` : transformée de Fourier à court terme du signal
`f` : vecteur fréquence en Hertz
`t` : vecteur temps en secondes

Vous pouvez retrouver ces informations sous Matlab par la commande « `help spectrogram` ».

La seconde ligne de commande est absolument nécessaire car contrairement à son nom, la fonction Matlab « `spectrogram` » n'estime pas le spectrogramme du signal, mais sa transformée de Fourier à court terme. Il faut donc prendre le module carré de sa sortie pour obtenir la représentation temps-fréquence recherchée. Une fois ces commandes effectuées correctement, vous pourrez visualiser dans une figure la représentation temps-fréquence `rtf` par la commande « `imagesc(t,f,rtf)` » (échelle linéaire), ou « `imagesc(t,f,10*log10(rtf))` » (échelle dB).