

Rapport PFE



Oussama Hamzaoui

Ismail Zlou

Tuoumama

I) Présentation du système

Le générateur de vapeur couramment appelé GV est l'une des composantes principales des réseaux électriques thermiques et nucléaires. Son principe de fonctionnement se base sur le stockage d'une eau à température ambiante dans des réservoirs, cette eau sera pompée par la suite et portée à ébullition à très haute pression au sein d'une chaudière. Une fois l'eau portée à ébullition, la vapeur commence à s'échapper sous pression pour ensuite faire tourner un groupe turbo-alternateur, qui se compose d'une turbine et d'un alternateur. Ce dernier transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

Le système est composé essentiellement donc de :

- Un réservoir
- Des pompes
- Une chaudière
- Un groupe turbo-alternateur



(Le générateur de vapeur de Polytech'Lille)

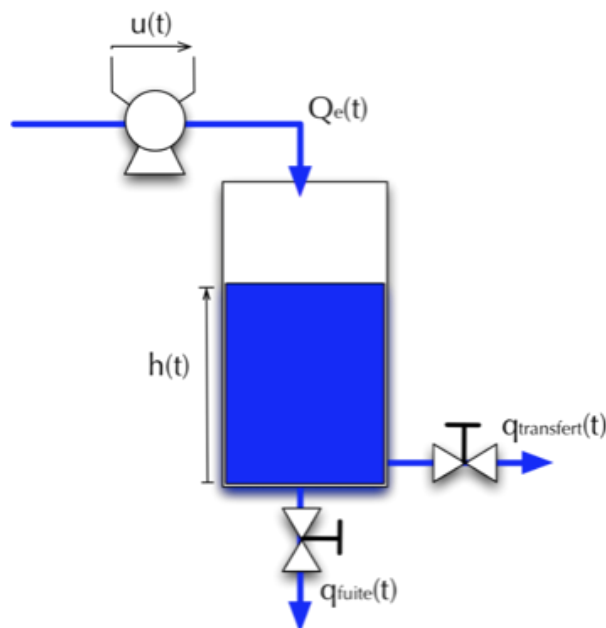
II) Supervision du générateur de vapeur

1) La supervision

La supervision est un procédé industriel qui permet une surveillance automatique d'un système industriel. Il s'agit pratiquement de recueillir des données issues des différents capteurs placés dans le système pour ensuite en déduire après traitement le bon fonctionnement du système ou pas, en déduire l'évolution de système, détecter des défauts de capteurs ...

La supervision se base sur un modèle pré-établi du système. Un modèle étant un ensemble d'équations modélisant le système, et qui sont vérifiées dans le cas d'un bon fonctionnement de ce dernier. De là vient le principe même de la supervision, car trouver une incohérence au niveau d'une équation signifie que la partie du système régie par cette équation est défaillante.

Pour comprendre mieux ce principe, on propose d'étudier le modèle du réservoir d'eau. Ce dernier est régi par une équation différentielle liant le débit d'entrée au débit de sortie et à la hauteur d'eau dans le réservoir.



Dans un premier temps, on imaginera que la vanne permettant de simuler une fuite au niveau du réservoir est fermée, et donc le débit qui lui est associé est naturellement nul.

L'équation régissant ce système est :

$$S. \frac{dh(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_{transfert}(t)$$

Dans un fonctionnement normal (sans fuite) l'équation peut être donc écrite sous la forme :

$$S. \frac{dh(t)}{dt} - Q_e(t) + Q_{transfert}(t) = 0$$

Pour superviser donc le réservoir on reconstituera à l'aide d'un logiciel approprié comme Matlab/Simulink cette équation à partir des données recueillis par les capteurs, qui sont dans notre cas :

- Capteur de niveau d'eau dans le réservoir
- Capteur de débit d'entrée
- Capteur de débit de sortie

En reconstituant l'équation sous un logiciel, on crée ce qu'on appelle un résidu. Ce résidu qu'on va nommer ARR va donc avoir comme équation :

$$S. \frac{dh(t)}{dt} - Q_e(t) + Q_{transfert}(t) = ARR$$

Sous un fonctionnement normal du réservoir ce résidu vaut donc zéro, et une surveillance de ce résidu nous permet donc de détecter un mauvais fonctionnement du système ou la défaillance d'un capteur si jamais ce résidu prend une valeur autre que zéro.

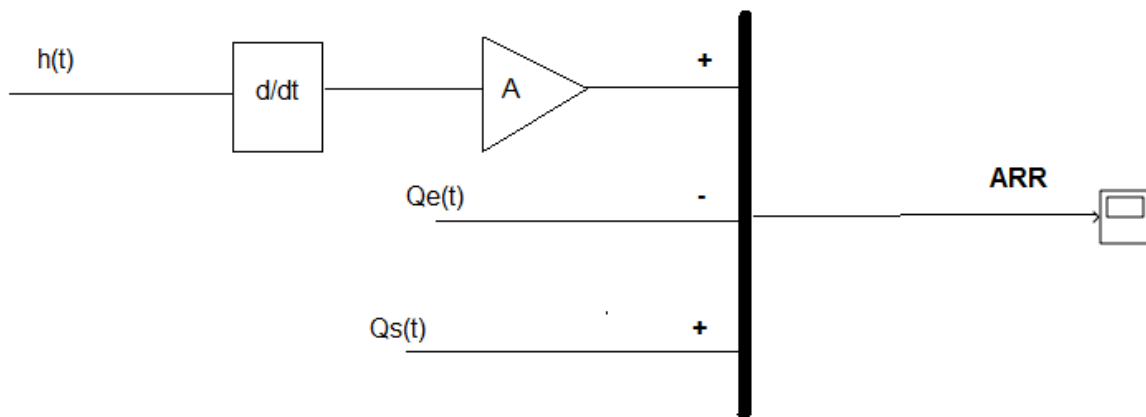
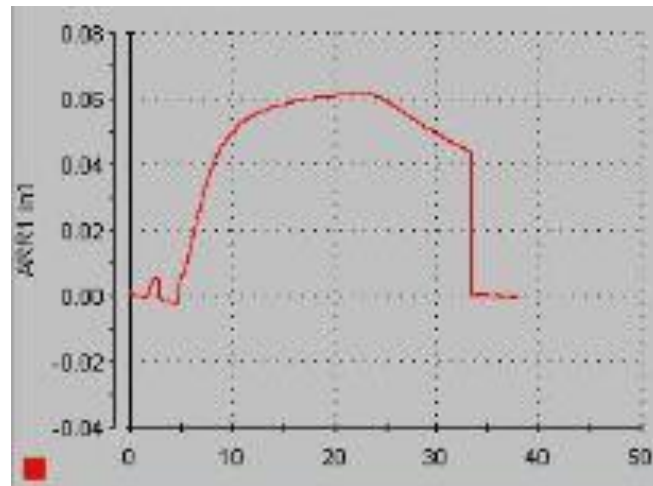


Schéma de l'ARR

Une fuite réalisée sur notre système, induisant un déséquilibre de l'équation qui régit le réservoir et donc tout naturellement un résidu dont la valeur est différente de zéro peut être observé sur la photo ci-dessous.



Tous ces résidus sont ensuite affichés dans une interface qui relate en temps réel leur évolution, cette IHM possède plusieurs onglets dont l'un permet de contrôler le système, c'est-à-dire d'envoyer une commande en temps réel au système. Ces commandes peuvent être des commandes de pompage d'eau, de chauffage d'eau ... Mais il existe aussi un onglet nous permettant de voir l'état des capteurs.

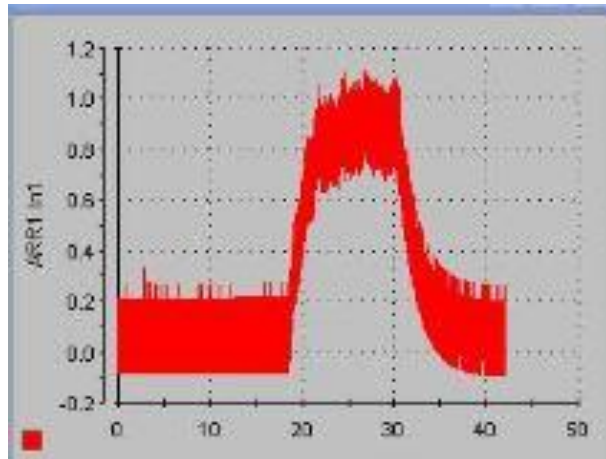
2) Problématique

Les signaux issues des capteurs sont sujet à des « bruitations » pouvant venir de l'environnement extérieur (champ magnétique, champ électrique ...), ou d'une fluctuation des valeurs mesurées, mais aussi et principalement de la dérivation numérique de ces signaux. Car une dérivation exacte n'étant pas possible numériquement, les logiciels tel que Matlab utilisent des approximations, qui des fois rajoutent du bruit sur notre signal d'origine.

L'objectif donc de notre projet est de filtrer ces signaux pour qu'ils soient plus exploitables, car des signaux noyés dans le bruit génèrent de fausses alarmes, ce qui à l'échelle industrielle peut être très nuisant car ceci fait intervenir les équipes de maintenance et peut interrompre la production pour une alarme qui est faussement déclenchée à cause des parasites présents dans les signaux.

III) Filtrage des signaux

Dans cette partie on détaillera les étapes suivies pour filtrer le signal, qui était initialement noyé dans le bruit et tout à fait inexploitable.



(Signal initial non filtré)

1) Filtre à moyenne glissante

Après avoir recherché différentes méthodes de filtrages utilisés en industrie, la méthode apparaissant comme la plus efficaces et la plus répandues s'est avéré être la moyenne glissante. On a donc opté pour utiliser cette méthode.

La moyenne glissante est donc tout d'abord comme son nom l'indique une moyenne, qui est calculée dans une fenêtre temporelle avec un nombre d'échantillons qui est paramétrable. Elle est dite glissante, car elle est recalculée de façon continue en utilisant pour chaque calcul un sous-ensemble d'éléments où chaque nouvel élément remplace le plus ancien créant ainsi une moyenne glissante temporellement.

Cette explication reste néanmoins empirique, on démontrera dans ce qui suit aux travers de la théorie du traitement de signal, que la moyenne glissante est bien un filtre qui peut servir à éliminer les parasites.

Notre signal étant inconnu à l'avance, on accordera donc à chaque nouvelle valeur envoyée par le capteur la même importance que les autres. Ce qui traduit mathématiquement par un même coefficient pour toutes les valeurs.

On considérera que notre filtre est de taille N , ce qui induit donc l'expression suivante de la moyenne :

$$y_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x_{k-i}$$

D'un point de vue de la théorie du traitement de signal, cette expression représente la somme de N échantillons divisée par N.

Ce qui nous ramène donc à l'écriture de la fonction de transfert de ce filtre qui sera sous la forme :

$$H(z) = \frac{1 + z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-(N-1)}}{N}$$

Dans le domaine fréquentiel, cette fonction de transfert s'écrit sous la forme :

$$H(f) = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{N} \cdot e^{-2\pi j f i T}$$

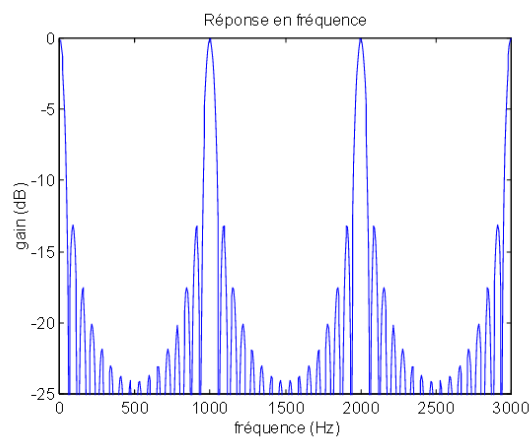
Cette fonction de transfert peut être écrite tout simplement comme ceci :

$$H(f) = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sin(2\pi f \cdot \frac{NT}{2})}{\sin(2\pi f \cdot \frac{T}{2})} \cdot e^{-2\pi j f \frac{N-1}{2} \cdot T}$$

En module on a donc :

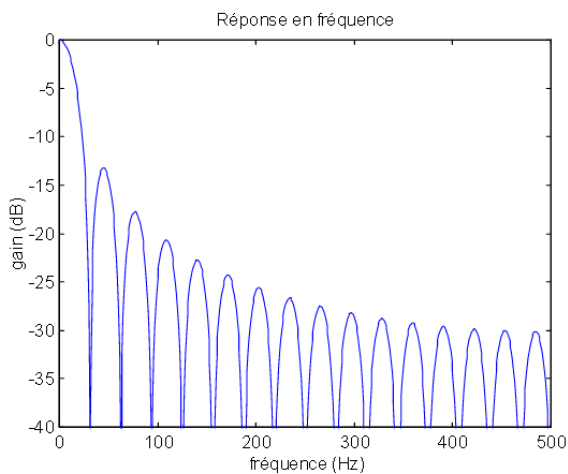
$$A(f) = \left| \frac{\sin(2\pi f \cdot \frac{n \cdot T e}{2})}{n \cdot \sin(2\pi f \cdot \frac{T e}{2})} \right|$$

Ce qui nous donne pour un nombre d'échantillons N=16 la réponse fréquentielle suivante :

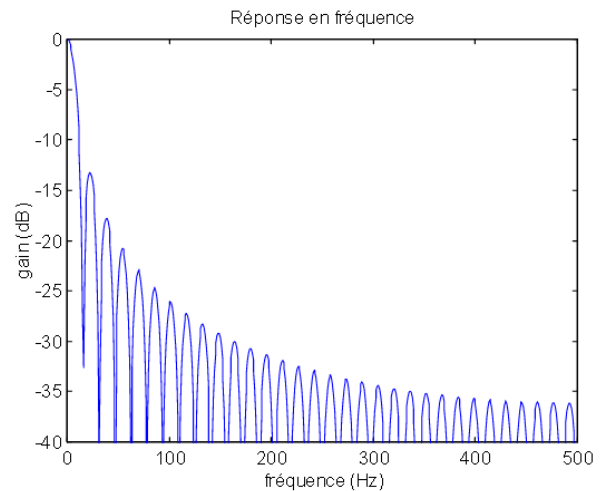


On remarque bien que malgré l'atténuation de bruits de basses fréquences, il existe des fréquences avec un gain de 0dB et qui ne sont donc pas réduites.

Ce problème peut être résolu en augmentant le nombre d'échantillons traités par opération. Les figures ci-dessous montrent l'évolution de la réponse du filtre avec l'évolution du nombre d'échantillons pris.



N= 32

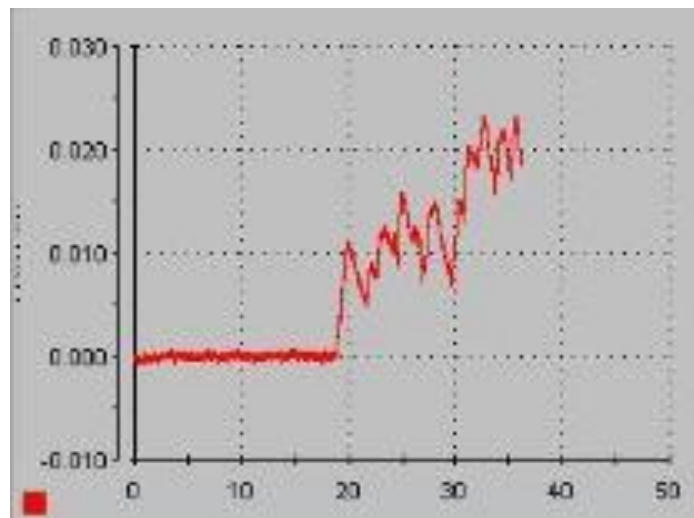


N=64

Malheureusement prendre un nombre important d'éléments pour calculer la moyenne prends un temps de calcul énorme, et donc pour garder la caractère temps-réel du système on se contentera de prendre N=16.

2) Elimination des bruits restants

Comme on l'a cité dans la partie précédente, la moyenne glissante malgré son efficacité laisse passer des bruits à certaines fréquences. Pour remédier à ça, il a fallu observer la nature du signal à la sortie du filtre moyeneur, on observe un filtre à l'allure suivante :



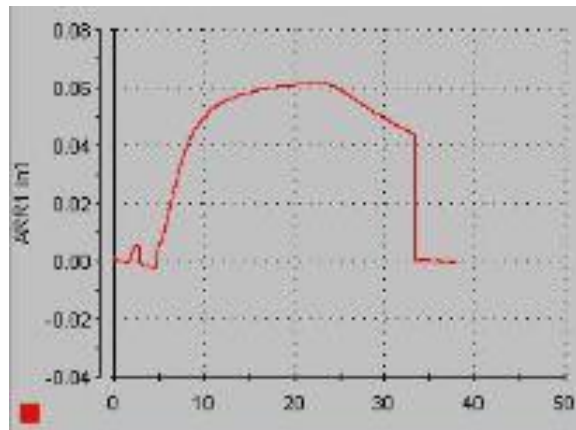
On remarque donc qu'il y a une nette amélioration au niveau de l'élimination des bruits, malgré la présence prédictible d'un bruit certes minime mais nuisant à des fréquences fixes.

La première méthode utilisée pour traiter ce bruit a été de calculer la fréquence d'apparition de bruit et d'appliquer un filtre passe-bas qui permettra de filtrer ce bruit. Mais cette solution n'est d'une part pas très efficace car un simple changement sur le signal, changera ces fréquences non traitées par le filtre moyeneur et rendra donc ce filtrage inutile.

Il a fallu donc penser à une solution plus adaptative, et vu la nature du signal. Nous avons pensé à calculer la moyenne du signal en chaque front montant de ce dernier, mais pour cela le problème de définir une période de calcul de la moyenne s'est posé car comme pour le filtre passe-bas le signal peut changer et donc décaler le calcul de la moyenne des fronts montants du signal.

On a eu donc l'idée d'utiliser le signal lui-même comme référence pour le calcul de la moyenne. Le principe sera donc de calculer la moyenne du signal entre chaque front montant de ce dernier, ce qui éliminera les fluctuations et nous permettra de lisser le signal.

L'application de ce principe nous permet de trouver un résidu bien filtré, dont on peut dégager une information concernant les défaillances du système, les alarmes ...



(Résidu filtré)