

Egreneur de raisin à vin : acquisition et traitement des données

Objectifs

Après acquisition des données de vitesse et de couple sur un système vibrant, par un traitement de donnée sous Python :

- Lisser les données pour les exploiter
- Utiliser la fonction d'intégration
- Utiliser la fonction de dérivation
- Analyser les conséquences négatives de la dérivation d'un signal

Durée : 2 heures (sans permutation)

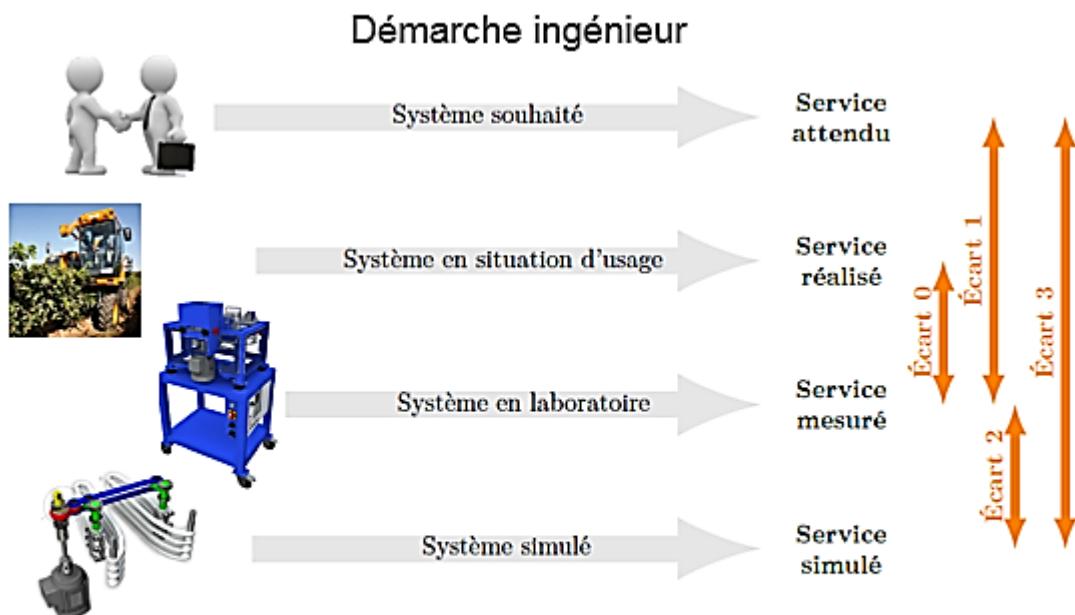


FIGURE 1 – Démarche de l'ingénieur centrée sur la mesure des écarts.

Objectif : minimiser les écarts

AVERTISSEMENT

VOUS DEVEZ DEPLACER TOUT DOCUMENT NUMERIQUE MODIFIABLE DANS UN DOSSIER PERSONNEL AVANT OUVERTURE ET MODIFICATION. IL SAGIT ICI NOTAMMENT DU FICHIER PYTHON FOURNI.

Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire tout le sujet
- Partie 1 à faire : doit être faite avant la séance de TP. Ne doit pas être abordée pendant la séance de TP. Sera présentée au professeur lors de la séance.

Revoir les notions suivantes

- Filtrage passe-bas du 1^{er} ordre
- Traitement du signal numérique : échantillonnage
- Loi de vitesse en trapèze
- Bases de codage en Python



Vous disposez

- Du sujet



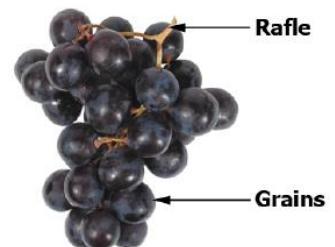
Vous devez rendre

- Rédaction sur cahier de TP.



Contexte

Dans le processus d'élaboration du vin, l'égrenage constitue la première étape, juste après la récolte. Elle consiste à séparer les grains de la rafle et à ne conserver que les plus sains. Les grains verts ou gâtés sont éliminés pour ne pas nuire à la qualité du vin. La rafle est souvent, elle aussi, éliminée.



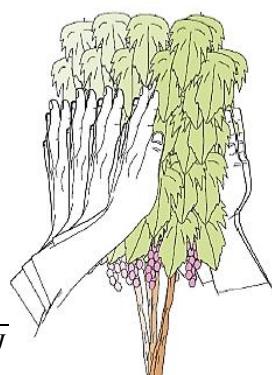
L'opération est réalisée par une machine installée au chai* en début de la chaîne d'élaboration du vin (systématiquement dans le cas d'une vendange manuelle). Toutefois, dans le cas de la vendange mécanique, la machine peut-être embarquée directement sur la machine à vendanger, supprimant ainsi cette étape au niveau du chai.

*chai : lieu de la vinification/conservation du vin en vue de son élaboration.

- Visionner les vidéos de présentation n°1 (5min = longue : avancez éventuellement), puis n°2 (1 min).

Fonctionnement

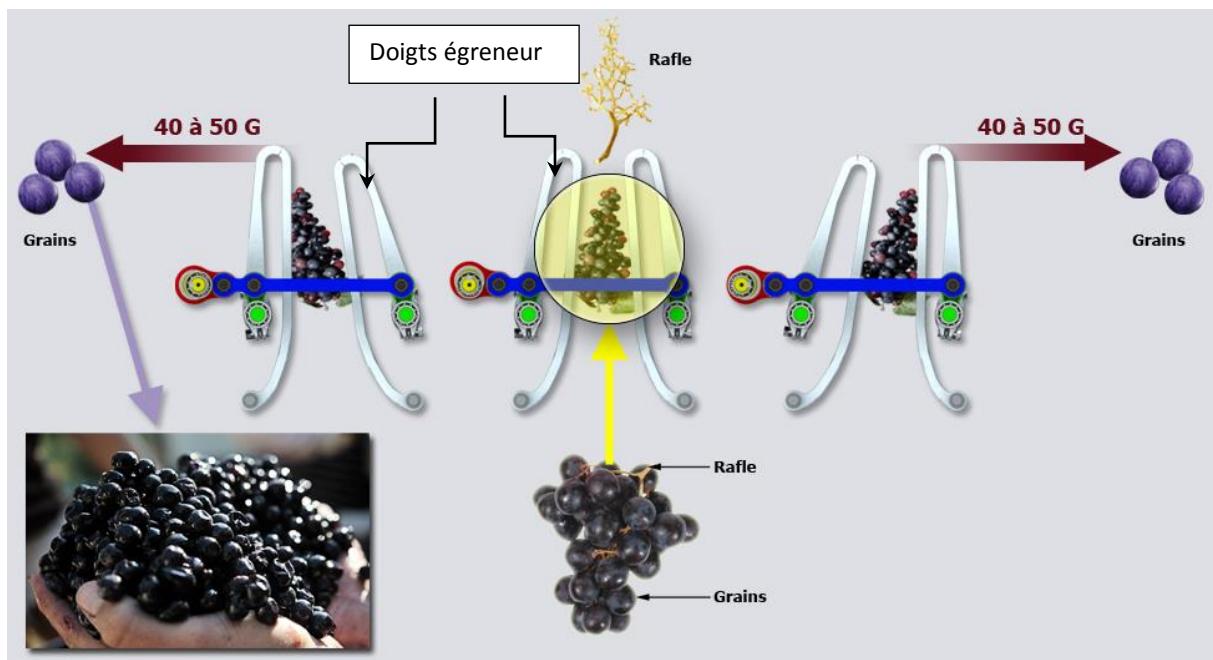
Les doigts égreneurs vibrent à très haute fréquence afin de séparer en douceur les grains de la rafle (inertie du fruit plus importante que la rafle). C'est un principe bien connu que l'on met parfois naturellement et manuellement en œuvre pour détacher les fruits d'une plante (voir illustration ci-contre).



Les baies ainsi égrenées passent au travers d'un tapis à claire voie (= avec des trous !) tandis que les rafles sont emmenées par le convoyeur. Les baies sont amenées sur une table de tri à rouleaux pour séparer les grains non désirés.

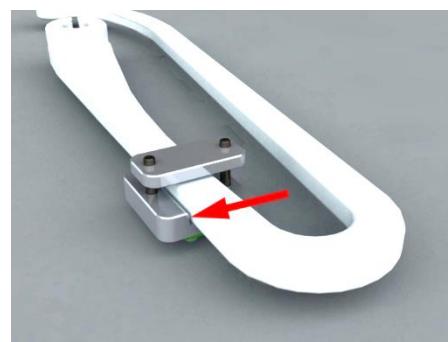
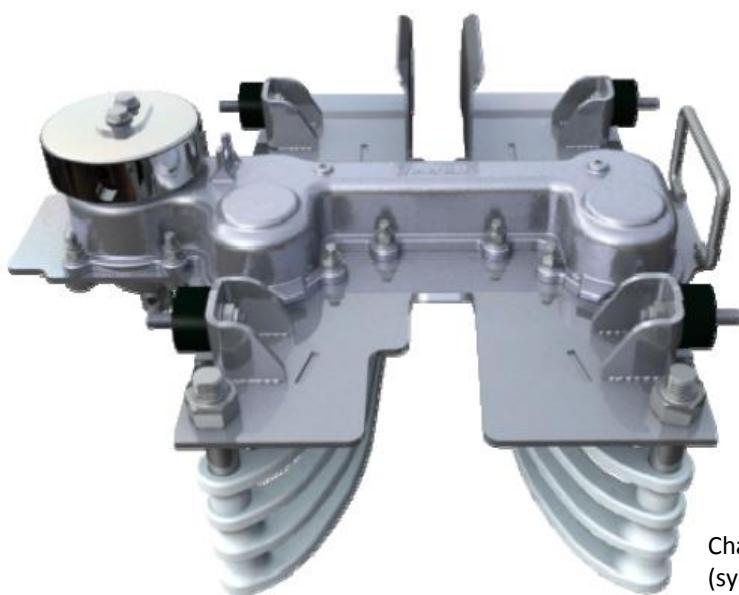
Main gauche

Main droite



Problématique de l'activité pratique proposée

Les illustrations ci-dessous montrent la chaîne de puissance telle que visible sur l'égreneur de laboratoire. Une des huit lames est équipée d'un capteur accéléromètre.



Chaine de puissance de l'égrenieur
(système de laboratoire)

L'objectif de cette activité pratique est d'analyser et traiter les données acquises lors d'essai sur le système en vue d'une analyse des conséquences des vibrations sur le couple et la vitesse du rotor.

1^{ère} PARTIE : TRAVAIL DE PRÉPARATION

Cette partie se fait individuellement.

Elle se prépare avant la séance de TP... chez soi.

Bien lire le contexte de l'étude. Prendre connaissance du domaine industriel et du contexte d'utilisation de l'égraneur.

APPROPRIATION CINÉMATIQUE

- Visionner : soit la vidéo n°3 « 3-Transform de mvt », soit la vidéo n°2 « 2-Mecanisme égreneur ». L'objectif est que vous visualisiez le fonctionnement cinématique de l'égreneur, et que vous preniez connaissance du mécanisme de transformation de mouvement.
 - Quel est le type de mouvement de l'arbre d'entrée ? Quel est le type de mouvement de l'arbre de sortie ?

Aide, je rappelle les différents types de mouvement : rotation continue, rotation alternative, translation continue, translation alternative, hélicoïdal, translation circulaire.

Reportez-vous aux figures 1 et 2 ci-après :

- Quel est le nom usuellement donné à l'ensemble cinématique des pièces {1,2,3,4} ?
 - Donner le nom du quadrilatère (E,D,G,F) et déduire le mouvement de la biellette 4 par rapport au bâti 1.

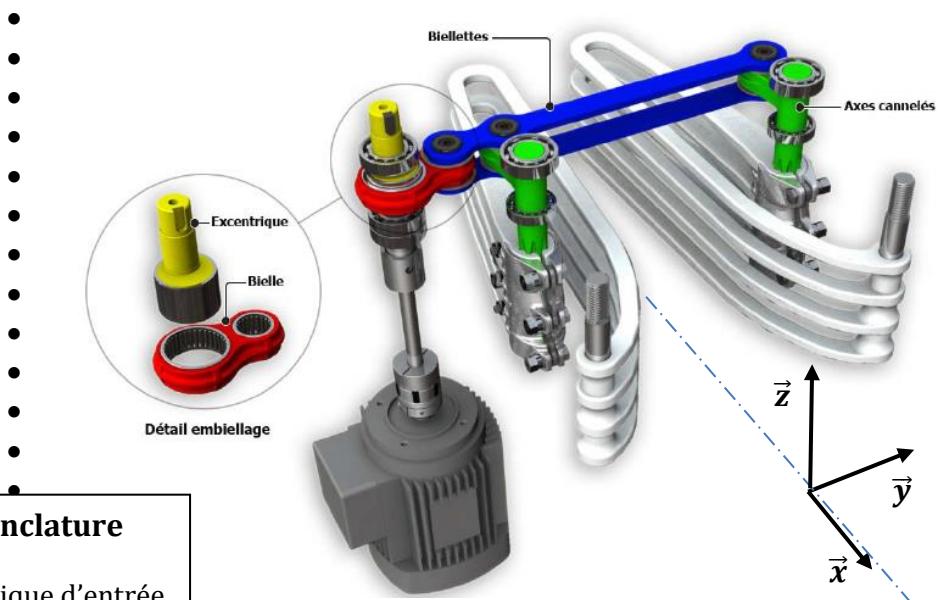


Figure 1 :
mécanisme de
transformation de
mouvement

Nomenclature

- 1 : bâti
 - 2 : excentrique d'entrée
 - 3 : bielle
 - 4 : biellette
 - 5 : arbre de sortie
gauche (entrainant les
trois peignes vibrants)
 - 8 : arbre de sortie droit
(entrainant les trois
peignes vibrants)

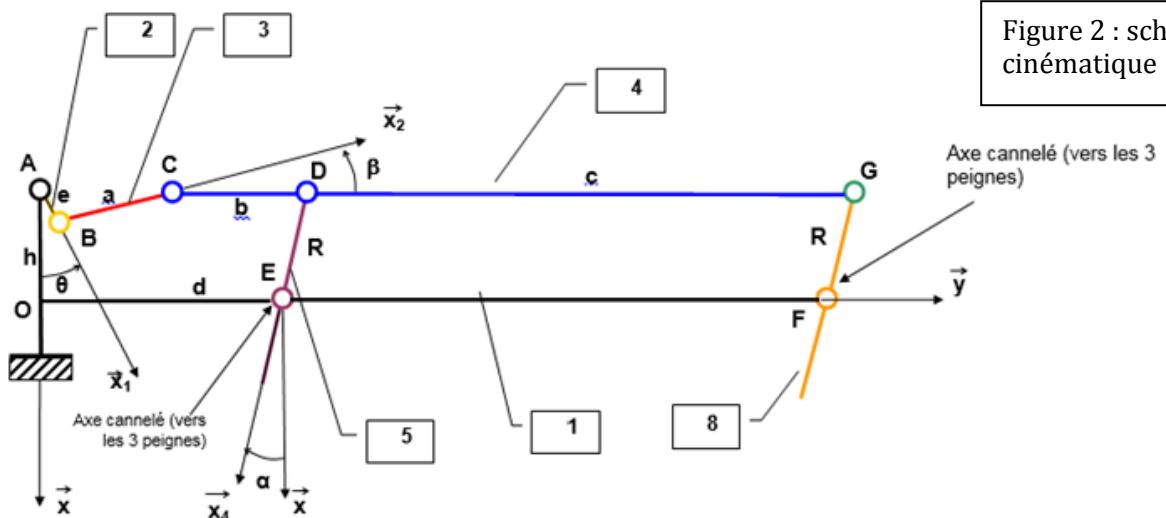


Figure 2 : schéma cinématique

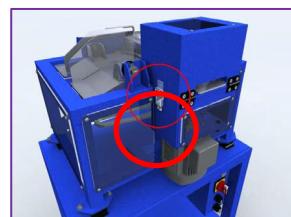
QUELQUES QUESTIONS DE CULTURE GENERALE

- Quand on utilise un filtre passe bas, si sa constante de temps correspond à la pulsation du signal sinus à traiter, quelle est l'atténuation de l'amplitude en dB ? Quel est le coefficient d'atténuation ?
- Qu'est-ce qu'une génératrice tachymétrique : quel est le type de composant ? Quel type de flux MEI ? Représenter l'IBD (un seul bloc, flux entrant, flux sortant).
- Quand on dispose de la loi de vitesse d'un composant ($v(t)$ en m/s, ou $\omega(t)$ en rad/s), donnée sous forme graphique, comment détermine-t-on la position du composant (distance parcourue, ou angle balayé) ?

2^{ème} PARTIE : EXPERIMENTATION

1^{ère} manipulation : mise en route du système-première constatation (10min)

- Référez-vous à l'annexe 1 de mise en route du système et le faire fonctionner. Constatez les vibrations ! (Il n'y a pas pire dans le labo)
- Machine à l'arrêt, ouvrez le capot métallique supérieur : faites tourner à la main le volant d'inertie, observez le mouvement des lames.
- Vibrations : selon quel axe prédominant (\vec{x} , \vec{y} ou \vec{z}) se produisent-elles ? Expliquer l'origine de ces vibrations en vous référant à votre connaissance du mécanisme de transformation de mouvement étudié dans la 1^{ère} partie.



2^{ème} manipulation : pilotage par bus de donnée et acquisition (10 min)

- Référez-vous à l'annexe 2, pour piloter l'égrenage depuis le PC via le bus de données vers le variateur ATV.
- Vitesse de rotation moteur : 1000 tr/min.

L'acquisition des données issues des capteurs avec l'égreneur étant capricieuse, je l'ai faite pour vous.

Les valeurs sont disponibles dans un tableau type .csv, « EssaiDJ4-epure » (7 colonnes) :

- Index de la mesure (numéro d'ordre)
- Temps (s)
- Vitesse du flux magnétique tournant (tr/s ou Hz)
- Puissance moteur (W)
- Couple moteur (Nm)
- Vitesse moteur (rpm = « round per minute » = tr/min)
- Accélération lame (en $g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

Ces données seront à exploiter dans le code Python qui permettra de traiter le signal.

- Allez sur un PC de la zone « informatique ».



*20 minutes **grand maximum** ont du s'écouler depuis le début de la séance. Si vous avez dépassé ce délai, vous êtes très en retard et avez besoin d'aide :appelez le professeur.*



3^{ème} PARTIE : TRAITEMENT DES DONNEES – SIMULATION PYTHON

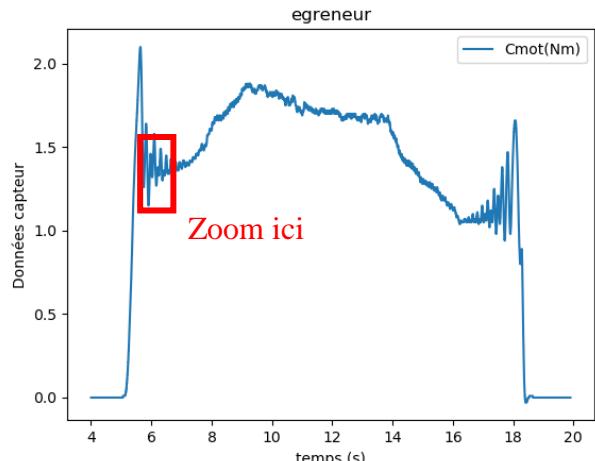
Affichage/Lissage des données : évolution du couple rotor moteur (30 min)

Ouvrir le code Python « *Egreneur_etudiant* ».

Modifiez le code pour :

- importer votre fichier csv ou txt.
- extraire deux listes : le temps et le couple du rotor moteur en Nm (la première colonne est la colonne 0 pour Python !)
- imprimer la courbe de couple (ordonnée) en fonction du temps (abscisse)

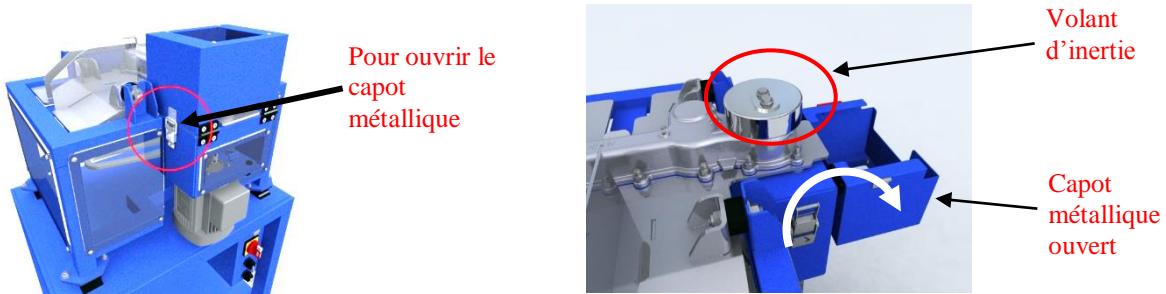
- Agrandir l'écran et zoomer sur la zone d'oscillation du couple moteur indiquée.
- Quelle est la période **fondamentale** de ces oscillations T_{cmot} ? Déduire la fréquence f_{cmot} . Vous aurez besoin de ces valeurs pour le code de lissage.



Certes ces variations de couple viennent des effets inertIELS engendrés par la cinématique de ce mécanisme (bielle/manivelle, et, parallélogramme déformable + PFD => horreur vibratoire en perspective !).

MAIS, les effets inertIELS ne sont pas seuls en cause.

Pour connaître la 2^{ème} cause de ces fortes oscillations de couple : allez sur le système, ouvrez le capot métallique supérieur et tourner le volant d'inertie cylindrique à la main. Regardez les lames.



Constatez les variations de couple ressenties.

- D'où proviennent les variations de couple que vous ressentez à la main ?

On souhaite lisser la courbe de couple, surtout dans cette zone zoomée intéressante. Deux méthodes numériques sont couramment utilisées : par moyenne glissante et avec un filtre passe bas.

On va s'intéresser à un filtrage passe bas.

Filtrage passe bas : principe

On applique à l'entrée à filtrer la fonction de transfert du premier ordre :

$$S(p) = \frac{1}{1+\tau p} E(p)$$

avec la pulsation de coupure à -3dB du filtre qui est : $\omega_c = \frac{1}{\tau}$.

La fréquence de coupure est donc : $f_c = \frac{1}{2\pi\tau}$.

Si on souhaite une fréquence de coupure f_c , la constante de temps du filtre est donc : $\tau = \frac{1}{2\pi f_c}$.

Dans le domaine temporel, et en tenant compte du fait que le signal est numérisé avec une période d'échantillonnage $T_{ech} = t_{n+1} - t_n$, où t_n est l'instant à l'indice de prise de mesure n , il vient :

$$\begin{aligned} &\Leftrightarrow \tau \cdot \frac{ds(t)}{dt} = e(t) - s(t) \\ &\Leftrightarrow \tau \cdot \frac{s_{n+1} - s_n}{t_{n+1} - t_n} = e_n - s_n \\ &\Leftrightarrow \tau \cdot \frac{s_{n+1} - s_n}{T_{ech}} = e_n - s_n \\ &\Leftrightarrow \boxed{s_{n+1} = s_n + \frac{T_{ech}}{\tau} (e_n - s_n)} \end{aligned}$$

Cette dernière expression est utilisée dans un code Python pour filtrer le signal.

Le code est le suivant :

```
##### Code python filtrage avec filtre passe bas #####
```

```
e=liste #choix de la donnée à lisser (liste de valeur extraite de l'acquisition)
T=0.1 #constante de temps du filtre
h=0.0 #pas de calcul (periode d echantillonage)
s=[e[0]]
```

```

for n in range(len(e)-1):
    s.append(s[n]+(h/T)*(-s[n]+e[n]))

# fréquence de coupure du filtre, juste pour information
fc=1/(2*3.1416*T) ## T est la constante de temps du filtre
print('freq de coupure du filtre (Hz) : ',fc)

##### fin du code #####

```

Copier/coller le code de lissage dans le code précédent. Faire les modifications nécessaires.

- Constante de temps du filtre, choisir $\tau = \tau_{cmot}$ correspondant à la fréquence des oscillations de couple à filtrer f_{cmot} déterminé précédemment : donner la valeur de τ choisie.
- Quelle valeur exacte saisissez-vous pour la période d'échantillonnage T_{ech} ?

Afficher deux courbes : la courbe de couple brute ET la courbe de couple lissée. Augmenter la taille de fenêtre en plein écran. Zoomer la zone intéressante : les oscillations sont atténuerées (normal pour du lissage !).

- Vue la fréquence de coupure du filtre choisie (qui est celle des oscillations donc) : de quel gain (dB) l'amplitude des oscillations est-elle atténuerée ? (pas de calcul ici, juste la connaissance du cours)

Le lissage n'est pas suffisant. On veut encore atténuer les oscillations.

- Pour cela, faut-il augmenter ou diminuer la fréquence de coupure du filtre f_c ?

Lancer un nouveau filtrage : prendre une valeur de $\tau = 4 \times \tau_{cmot}$.

- Visualiser la courbe de filtrage, zoomer. Conclusion.

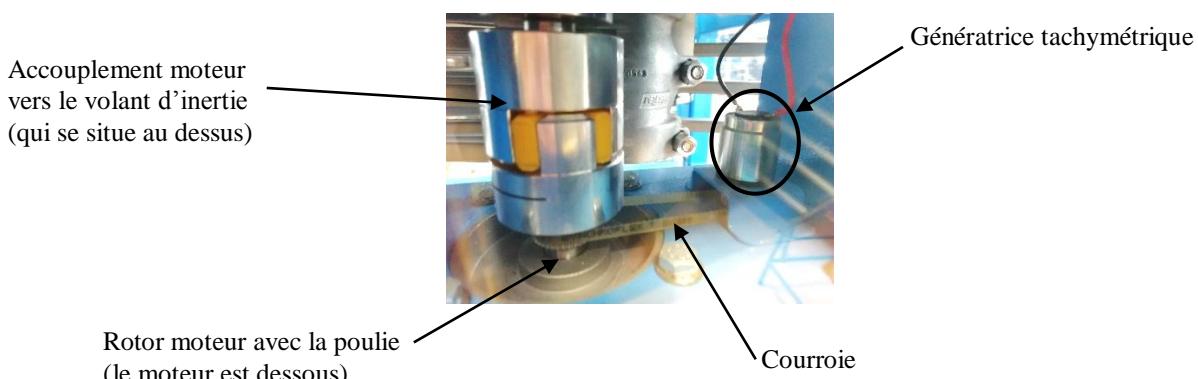
Augmenter encore la valeur de τ

- Visualiser la courbe locale (zoom) et globale : conclusion ?
Augmentation de la constante de temps du filtre passe bas (donc diminution de la fréquence de coupure du filtre) : avantage/inconvénient ?

Intégration données : angle balayé par le rotor moteur (20 min)

Le système est équipé d'une génératrice tachymétrique mesurant la vitesse du rotor moteur.

Elle est entraînée par une poulie/courroie crantée.



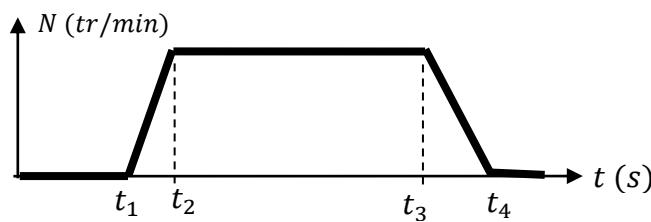
C'est grâce à ce capteur qu'on acquière la vitesse du rotor.

D'un point de vue pratique il peut être nécessaire de connaître l'angle balayé par le rotor moteur. Par exemple, pour la maintenance du système (entretien), connaître le « nb de tour » de l'arbre moteur à un moment de sa vie permet de déclencher certaines opérations d'entretien prédictives telles que le remplacement des roulements.

On peut connaître l'angle balayé entre deux instants par intégration de la vitesse $\omega_{mot}(t) : \theta(t_1 \text{ à } t_2) = \int_{t_1}^{t_2} v(t). dt$.

Reprenez le code Python et faites les modifications pour afficher uniquement la courbe de vitesse moteur. Ne plus afficher le lissage, ni le couple.

Il est visible que l'évolution de la vitesse est une évolution classique « en trapèze » : accélération/vitesse constante/décélération.



- Quelle est la vitesse atteinte en régime permanent N_{maxi} ?
- Relever les données t_1, t_2, t_3, t_4 .

On donne le code Python ci-dessous pour intégration par la méthode de calcul des petits trapèzes.

```
##### Code Python intégration par méthode des trapèzes #####
#intégration de y(t)
```

```
def calcul_aire(y,t): #creation de la fonction integration de la liste de sortie y sur la durée t
    aire=[0]
    for i in range(len(t)-1):
        aire.append((aire[i]+(y[i]+y[i+1])*0.5*(t[i+1]-t[i])))
    return aire
```

```
##### fin du code #####
#
```

Placer cette portion de code dans le code principal.

Faire les modifications pour afficher les deux courbes : la vitesse en tr/min et l'angle balayé en nombre de tours par le rotor.

Attention : la vitesse est en tr/min et le temps est en s. Quand on multiplie les deux pour obtenir l'angle, ça fait un « mélange indigeste » de secondes et de minutes ! Faire la modification pour que la valeur d'angle affichée ait un sens et soit exprimée en tr.

Lancer le code.

Vous constatez que La courbe d'évolution de l'angle comporte trois parties, correspondant à l'évolution de la vitesse.

- Expliquer en quoi le graphe de l'évolution de l'angle correspond bien à l'évolution de la vitesse sur chacun des trois intervalles de temps : $[t_1, t_2], [t_2, t_3], [t_3, t_4]$
- Quel est l'angle total θ_{total} balayé par le rotor en fin d'essai, donné par la courbe des angles ?

- Retrouvez cet angle par « calcul d'aire » sur le modèle trapèze, θ_{trapez} donné précédemment et comparer.

Dérivation de données : accélération du rotor (20 min)

On peut avoir besoin de connaître l'accélération angulaire $\dot{\omega}(t)$ du rotor pour traiter des problèmes dynamiques.

On va donc dériver la vitesse du rotor.

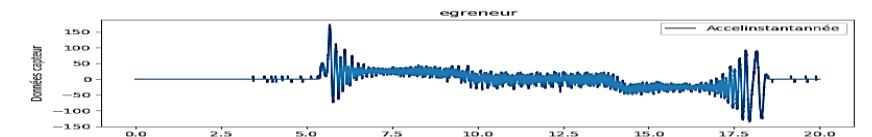
- Vue la loi en trapèze : quelle devrait être la loi d'accélération ? Représentez la simplement sous forme d'un graphique avec les temps t_i .

Le code Python pour dériver est le suivant :

```
##### Code Python dérivation par taux d'accroissement local #####
# dérivation vitesse pour accél instantanée rotation en rad/s²
def der(y,t,indice): #creation de la fonction derivation de la liste de sortie y par rapport à t à l'indice k
    return (y[indice]-y[indice-1])/(t[indice]-t[indice-1])
derVit=[0]
for k in range (1,len(Temps)): #cretion de la liste de dérivée de la donnée egreneur Vitesse angulaire/temps
    derVit.append(3.1416*der(Vit,Temps,k)/30)
#####
##### Fin du code #####
#####
```

Faire les modifications du code.

Afficher l'accélération : vous constatez que le signal est extrêmement bruité. Il est donc inexploitable. En outre nous sommes bien loin de la loi d'accélération évidente à visualisée.



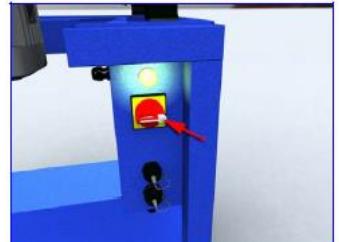
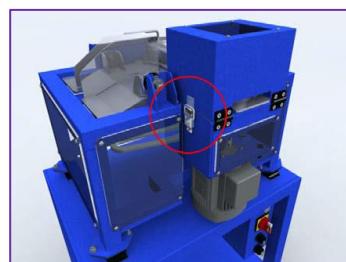
Pour remédier à cela : lisser le signal de vitesse initial et dérivez ensuite. Modifier le code. Trouver la constante de temps du filtre qui permet un lissage optimal : ni trop fort, ni insuffisant. Vous devez voir l'allure d'accélération attendue.

FIN DE L'ACTIVITÉ PRATIQUE

ANNEXE 1 : MISE EN ROUTE DU SYSTEME - MARCHE NORMALE

Il s'agit de la mise en route comme sur le système réel, c'est-à-dire en actionnant directement le variateur.

- Vérifier que le capot latéral transparent est fermé.
- Vérifier que le capot métallique supérieur est fermé.
- Mettre le système sous tension : gros bouton tournant quart de tour.



- Tourner le bouton de mise en marche situé sur le variateur : c'est parti.



ANNEXE 2 : PILOTAGE PAR LE BUS DE DONNEES ET ACQUISITION

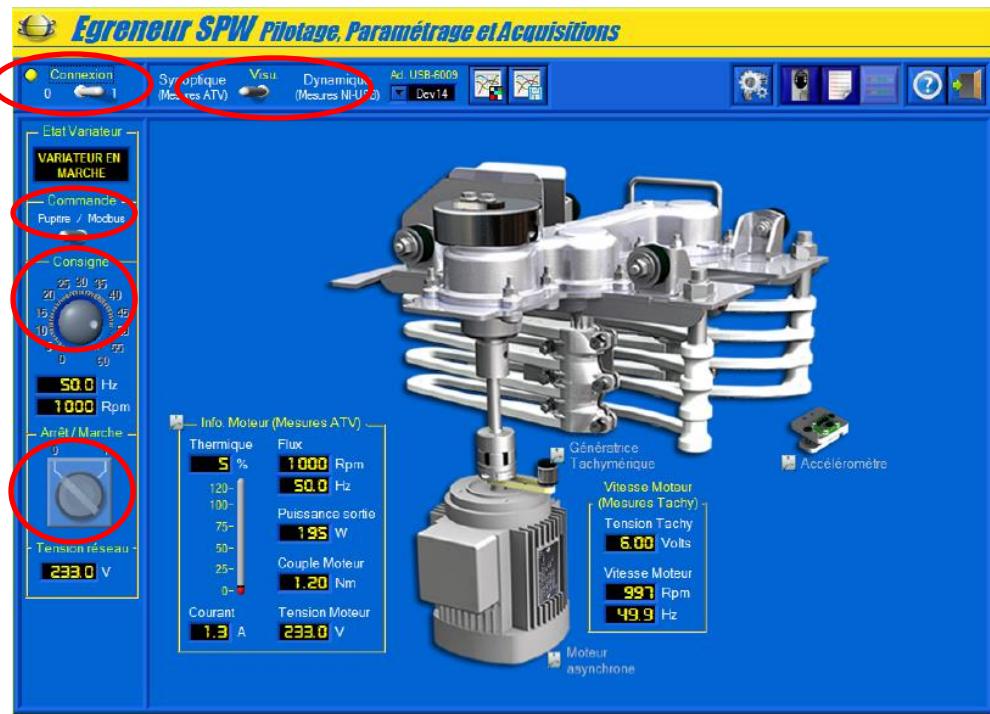
Il s'agit de piloter le système par l'applicatif PC :

Cela offre des possibilités bien plus étendues que la mise en route par le variateur, comme par exemple régler la vitesse de l'arbre moteur et gérer l'acquisition des données.

Voir illustration ci-après.

- Ouvrir l'applicatif de l'égrenage SPW
- Bouton « connexion ATV 0/1 » : connectez l'applicatif au variateur, position 1
- Bouton sélection pupitre/Modbus : choisir modbus
- Consigne (bouton tournant) : régler 1000 tr/min
- Bouton tournant 0/1 : mettre en position 1 (marche), ça tourne !





- Pour afficher les courbes : bouton en haut « Visu », choisir « Dynamique ».
- Il faut étalonner l'accéléromètre. Machine à l'arrêt, cliquer « paramètre usuel »
- Puis, instrumentation capteur/charger « Etalonnage0g.egrcnf »/valider.
- Lancer le système : bouton tournant Arrêt/Marche sur 1, ça tourne !
- Pour figer la courbe qui déroule en temps réel et stopper l'acquisition, cliquer « Acquisition mesures courantes » : la courbe est figée. Vous pouvez visualiser les données capteurs à un instant en déplaçant le curseur temporel vertical.
- Pour sauvegarder les données dans un fichier texte : cliquer sur le bouton « sauver ». Choisissez un nom de fichier adéquat et un dossier personnel.
- A l'enregistrement, deux fichiers se créent : un fichier courbe propre au système .egracq et un fichier texte .txt. Vous pouvez ainsi traiter les données de manière personnelle sous tableur, Python, etc.

