

Egreneur de raisin à vin : évaluation quantitative de l'aptitude à séparer les grains de raisin

Objectifs

Evaluer l'accélération des lames vibrantes de l'égreneur :

- grâce à un modèle théorique
- grâce à un modèle simulé (SW Méca3D)
- par mesure sur le système réel

Vérifier par comparaison avec le cahier des charges si l'accélération est suffisante pour faire tomber les grains de raisins de la grappe lors du secouage de celle-ci.

Durée : 2 heures (sans permutation)

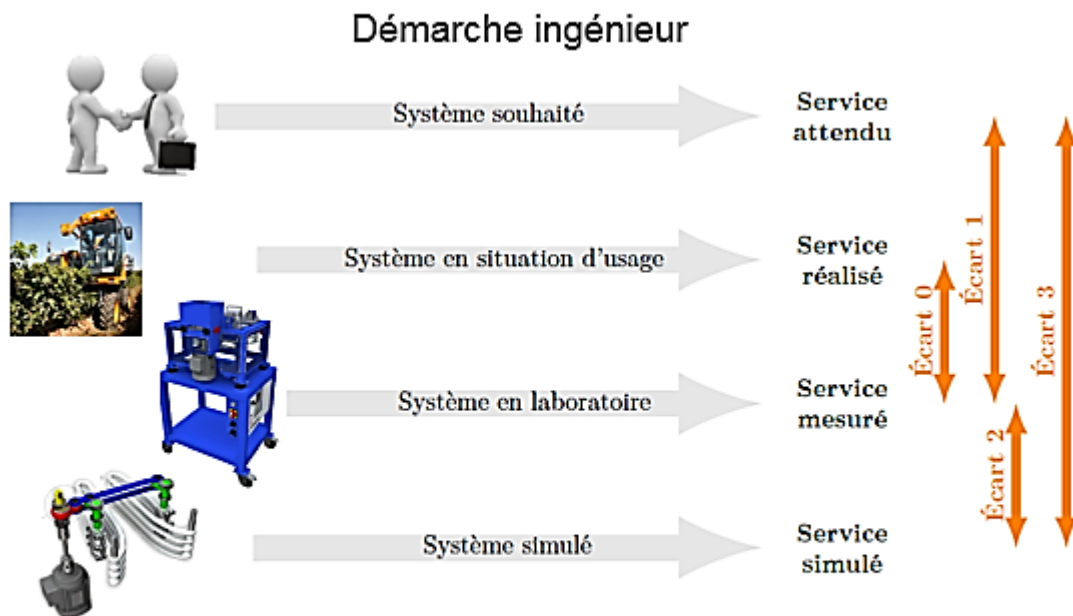


FIGURE 1 – Démarche de l'ingénieur centrée sur la mesure des écarts.

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 le sujet
- Partie 1 à faire (partie théorique). Devra être rendue avec le compte rendu de TP. Ne doit pas être abordée pendant la séance de TP.
- Revoir la notion de fermeture géométrique
- Voir la transformation de mouvement par parallélogramme déformable
- Revoir l'accélération d'un point sur une trajectoire curviligne : accélération tangentielle/normale/totale



Vous disposez

- Du sujet
- Du modèle Solidworks/Méca3D



Vous devez rendre

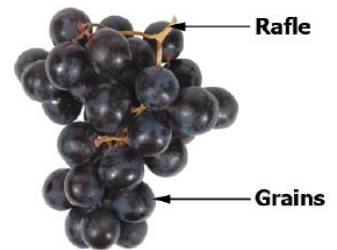
- Rédaction propre sur votre cahier de TP.



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.

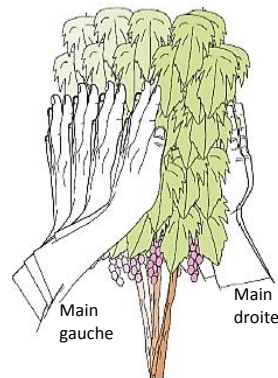


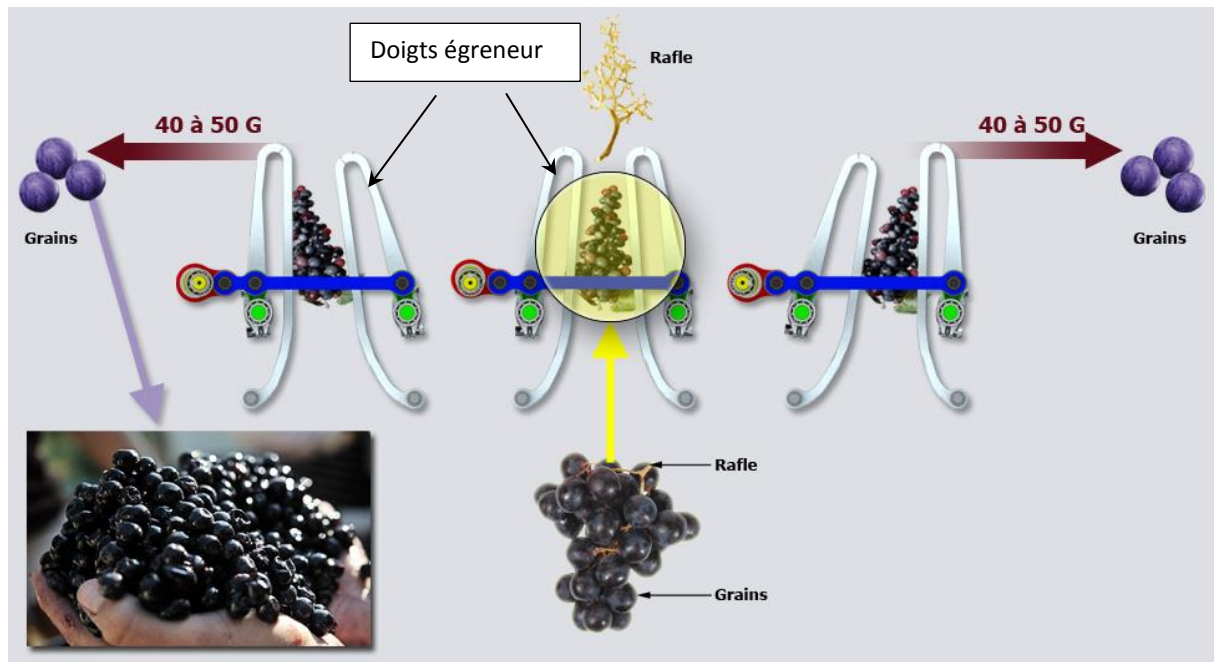
**chai : lieu de la vinification/conservation du vin en vue de son élaboration.*

Fonctionnement

Les doigts égreneurs vibrent à 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).

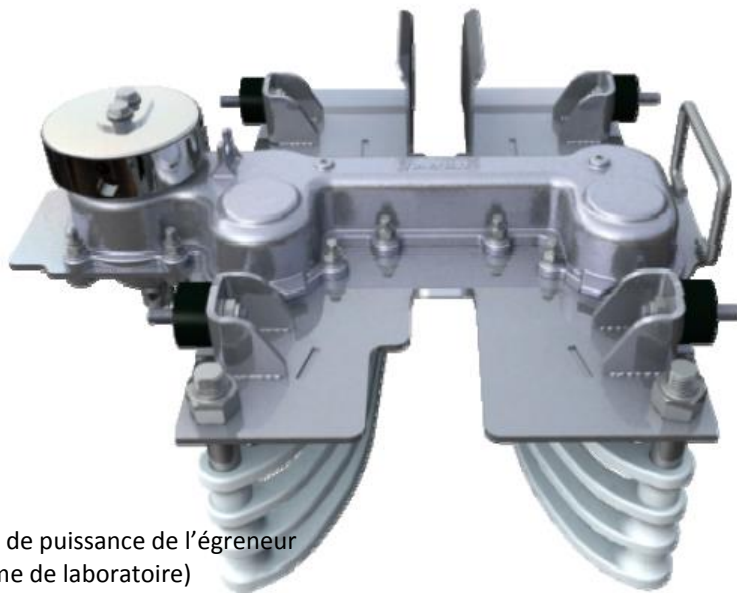
Les baies ainsi égrenées passent au travers d'un tapis à claire voie (= avec des trous !) tandis que les rafles sont emmenées par le convoyeur. Les baies sont amenées sur une table de tri à rouleaux pour séparer les grains non désirés.



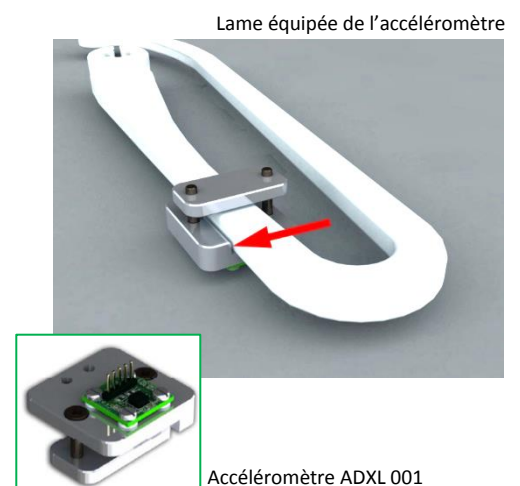


Problématique de l'activité pratique proposée

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



Chaîne de puissance de l'égreneur
(système de laboratoire)



Lame équipée de l'accéléromètre

Accéléromètre ADXL 001

L'objectif de cette activité pratique est d'évaluer l'accélération des lames au niveau de l'accéléromètre.

Cahier des charges : l'accélération à communiquer aux grains de raisins doit être comprise entre 40 et 50g pour un détachement optimal des grains.

Remarque : $1g = 9,81 \text{ m/s}^2$

1^{ère} PARTIE : PRELIMINAIRE THEORIQUE

Cette partie se fait individuellement. Elle ne nécessite pas de matériel. Elle a été préparée avant la séance de TP... chez soi. Elle doit être rendue rédigée sur votre compte rendu avant la séance.

L'objectif de cette partie est de déterminer la loi entrée sortie géométrique. Il s'agit ici de la loi reliant :

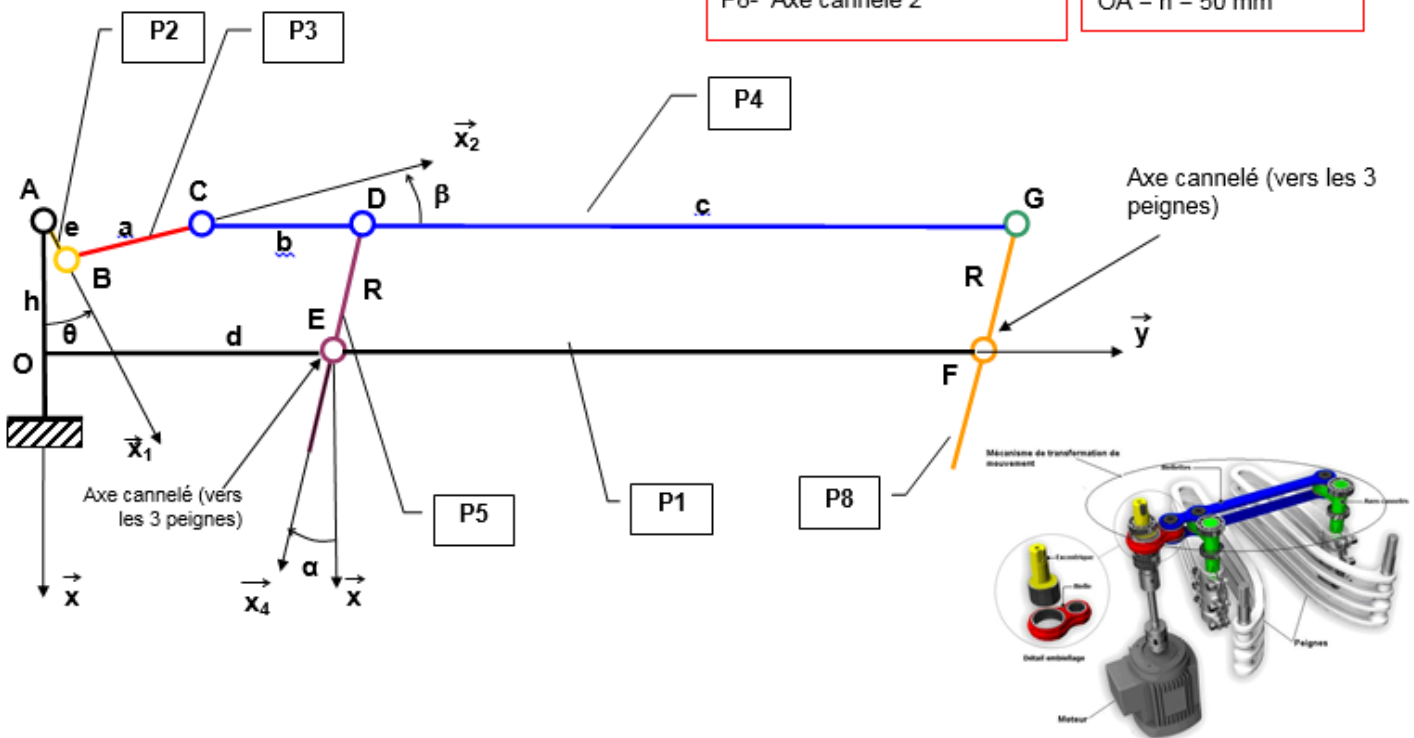
- la sortie, angle α des arbres cannelés 5 et 8 par rapport au bâti 1, en fonction de
- l'entrée, angle θ du rotor moteur 2 (excentrique) par rapport au bâti 1

Schéma cinématique paramétré du système de transformation de mouvement de l'égreneur

Nomenclature des pièces

P1- Bâti
P2- Excentrique – rotor moteur
P3- Bielle
P4- Bielle
P5- Axe cannelé 1
P8- Axe cannelé 2

AB = e = 7 mm
BC = a = 50 mm
CD = b = 51 mm
DG=EF = c = 248mm
DE = GF = R = 50 mm
OE = d = 100 mm
OA = h = 50 mm



Toutes les liaisons sont des pivots parfaites d'axe parallèles selon $\vec{z}$.
Le mécanisme est plan.

1. Quelle est le nom de la figure géométrique (E,D,G,F) ? Déduire la direction du vecteur $\overrightarrow{DG}$. Déduire le mouvement de la bielle 4 par rapport au bâti 1.
2. Effectuer la fermeture géométrique (A-B-C-D-E-A). Déduire l'équation vectorielle E1.

Projeter E1 sur les axes $\vec{x}$, et $\vec{y}$: déduire deux équations scalaires E2 et E3.

Déduire de E2 et E3 la relation entre θ et α :

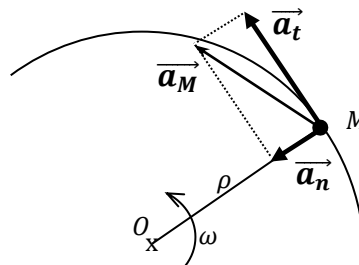
$$a^2 = e^2 + R^2 + h^2 + (d - b)^2 - 2Rh\cos(\alpha) - 2eh\cos(\theta) + 2eR\cos(\theta - \alpha) + 2(b - d)(e.\sin\theta + R.\sin\alpha)$$

La suite de la résolution est délicate et s'obtient par une nouvelle manipulation des équations E2 et E3, puis de l'approximation angle β faible devant θ .

La loi entrée sortie géométrique trouvée est :

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{a + b - d + e.\sin(\theta))}{R}\right)$$

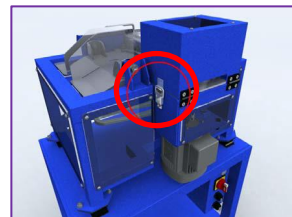
3. Dédurre la vitesse angulaire instantanée des arbres cannelés 5 et 8 entraînant les peignes : $\dot{\alpha} = \frac{d\alpha}{dt}$.
4. Pour un point M astreint à une trajectoire circulaire de centre O de rayon de courbure ρ et de vitesse angulaire ω on rappelle que l'accélération absolue $\vec{a}_M$ possède deux composantes fondamentales : l'accélération tangentielle $\vec{a}_t$ et l'accélération normale $\vec{a}_n$ (centripète). On a $\vec{a}_M = \vec{a}_t + \vec{a}_n$. **Rappeler** la valeur littérale de a_t et a_n en fonction de ρ , ω et $\dot{\omega}$.

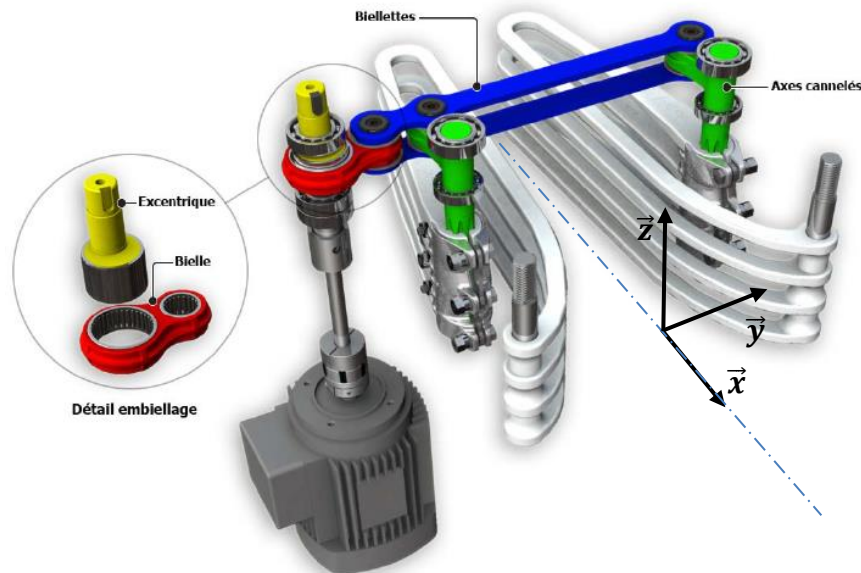


2^{ème} PARTIE : EXPERIMENTATION – TRAVAIL EN LABORATOIRE

1^{ère} manipulation : mise en route du système

- Référez-vous à l'annexe 1 de mise en route du système et le faire fonctionner.
- Référez-vous à l'annexe 2 de mise en route du système et le faire fonctionner à partir du PC.
- Machine à l'arrêt, ouvrez le capot métallique supérieur : faites tourner à la main le volant d'inertie, regarder le mouvement des lames.





Visualisation de l'accélération des lames.

Une des lames est équipée d'un accéléromètre.
L'évolution de l'accélération absolue subie par le centre d'inertie de l'accéléromètre est visualisable sur le PC.

- Référez-vous à l'annexe 3 et visualisez l'évolution de l'accélération.

Note : l'acquisition de données de l'égreneur est capricieuse. Si elle ne fonctionne pas, utiliser la copie d'écran donnée en annexe 3.

5. Notez la valeur de l'accélération quand le régime est stabilisé.

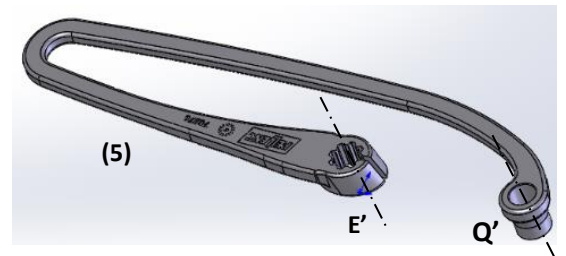
Remarque : on peut se demander ce que signifie cette valeur de l'accélération, représentée comme constante en régime établi, alors que les lames effectuent des allers-retours. Leur accélération est donc très fortement variable !

Modélisation cinématique des lames : problématique

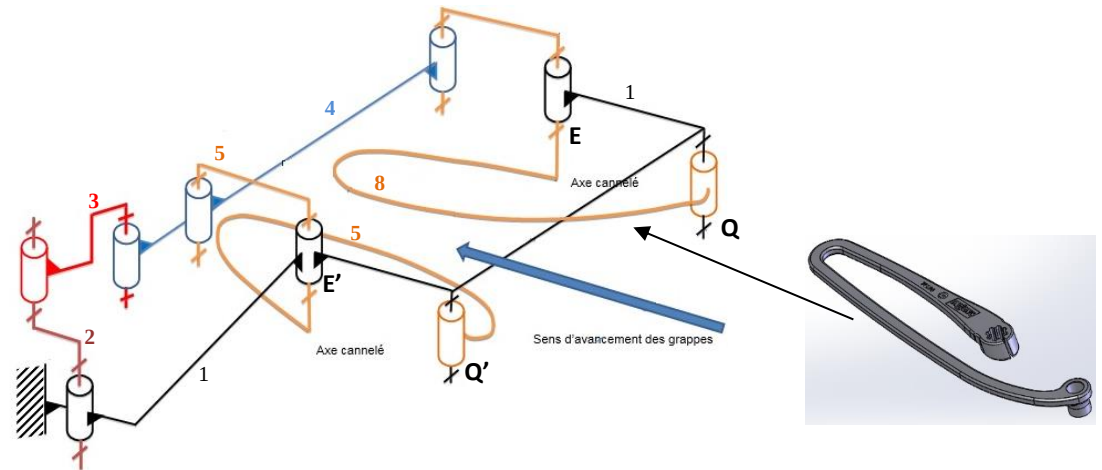
Question préliminaire importante pour comprendre le modèle cinématique des lames utilisé ci-après.

Dans l'étude théorique, nous nous sommes arrêtés à la rotation des arbres cannelés entraînant les lames. Alors que ce qui nous intéresse est l'accélération d'un point d'une lame qui secoue les grappes de raisin (là où est fixé l'accéléromètre).

En fait les peignes sont encastrés dans les arbres cannelés 5 et 8 comme représentés sur le schéma cinématique ci-dessous.

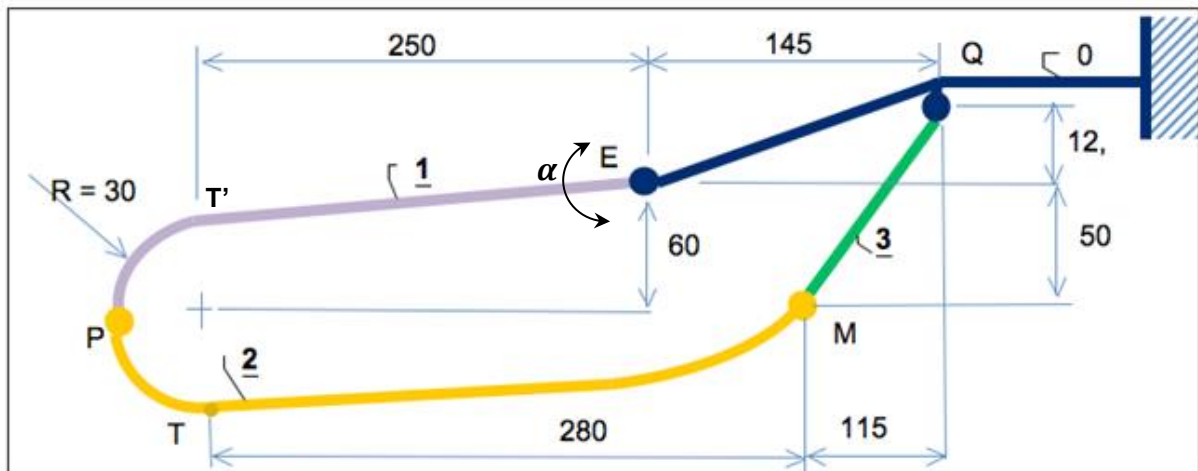


6. Que se passe-t-il si on essaie d'étudier le mouvement des peignes en les représentant sur le schéma cinématique comme ci-dessous (rappel : modèle du solide indéformable) ? Pourquoi le système est-il bloqué ? Pour répondre à cette question bien regarder le mouvement des peignes en tournant à la main le volant d'inertie : ouvrez le capot latéral et regarder de près chaque lame, les toucher, etc.



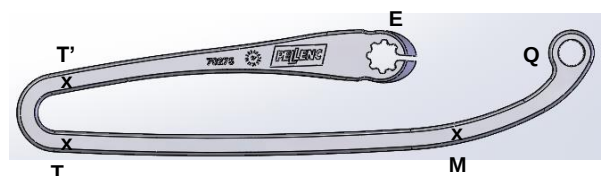
Modélisation cinématique des lames

Pour simuler le mouvement de l'ensemble nous adoptons le modèle cinématique pour les lames ci-dessous.



Chaque lame est modélisée par trois doigts : 1, 2, 3 en liaison pivot entre elles en P, M et avec le bâti 0 en E et Q. Cette structure, en quadrilatère déformable, permet d'étudier le déplacement des points des lames et notamment l'accélération du point T où est fixé l'accéléromètre.

L'arbre cannelé 8 est encastré avec le doigt 1. L'ensemble {8, doigt 1} constitue donc la même pièce. Le mouvement de rotation alternatif d'entrée (angle α) est donc communiqué à 1 en E.



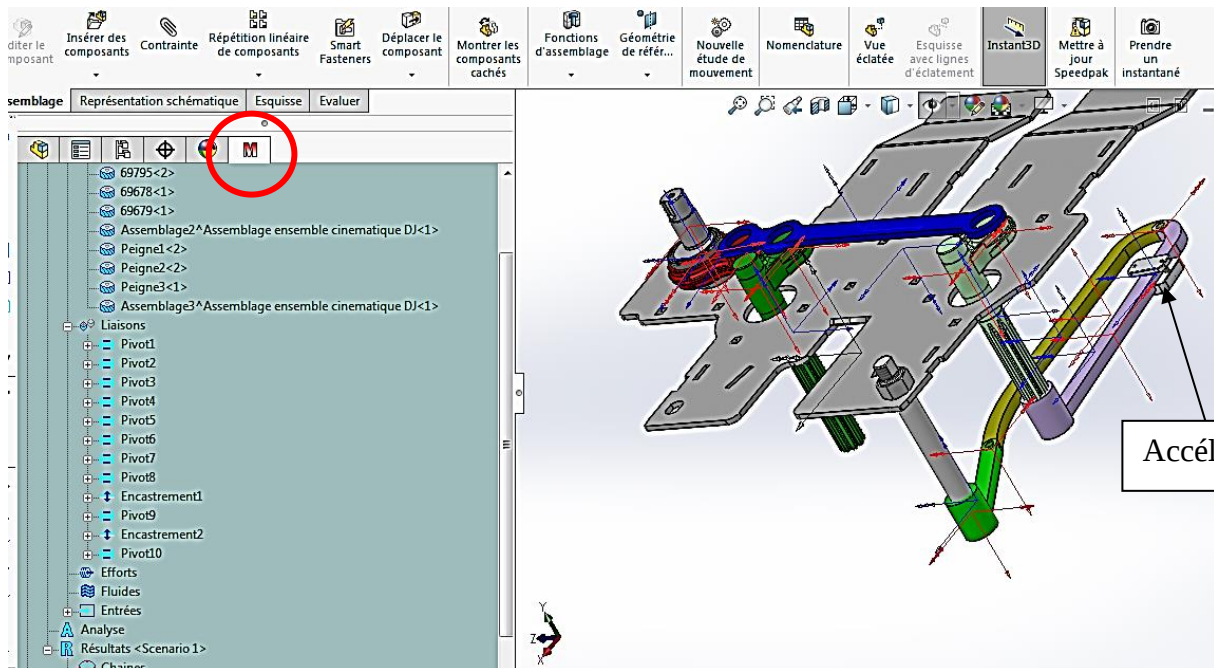
Simulation sous SolidWorks/Meca 3D

Chaque étudiant doit travailler sur un PC « informatique ».

Déplacer tout le dossier Soliworks « Egreneur SW » dans votre dossier personnel.

Ouvrir l'assemblage « Assemblage ensemble cinématique DJ ».

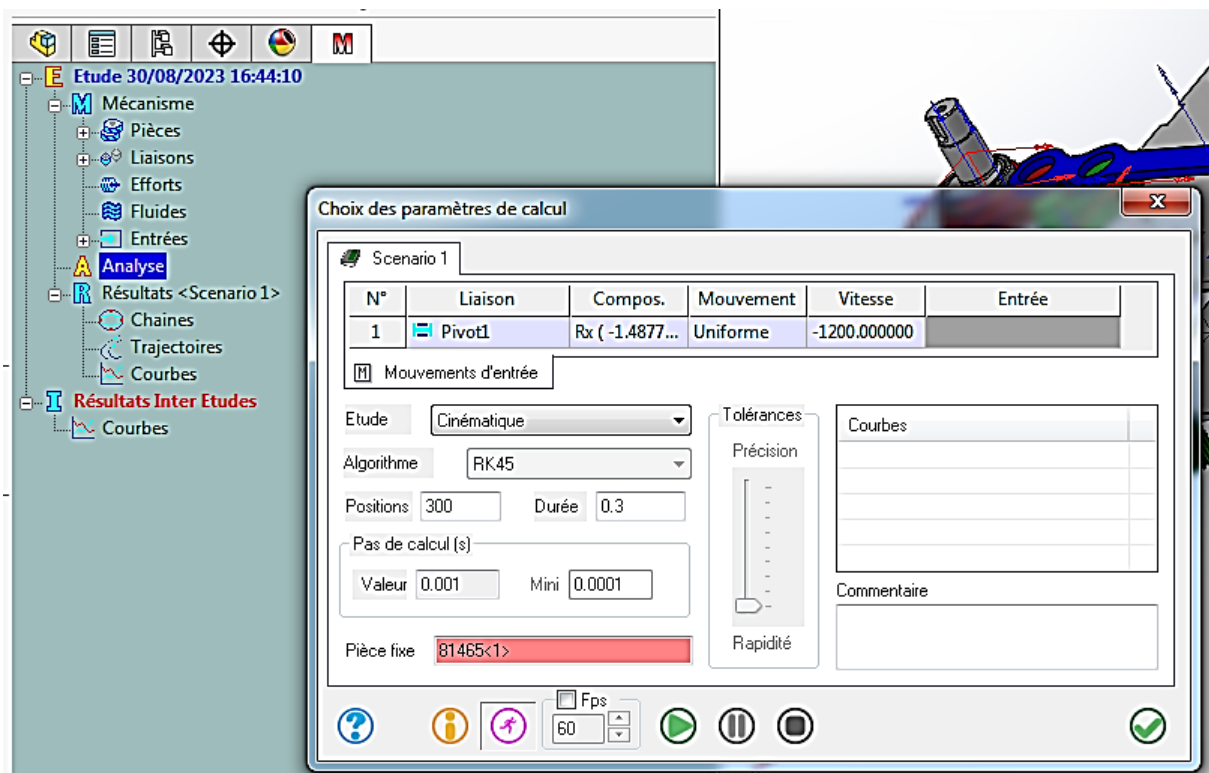
Ouvrir Meca3D : onglet .



Cliquer droit Analyse/Calcul mécanique/Continuer :

Etude cinématique, 300 positions, -1000 tr/min, pendant 0,3s de simulation

Lancer la simulation : observer les mouvements des composants de la chaîne de puissance.

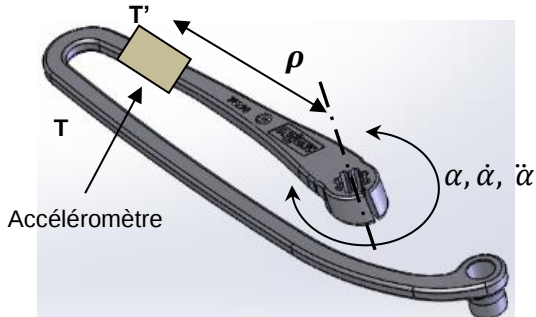


- Visualiser la courbe d'accélération de l'accéléromètre et noter l'accélération maximale atteinte $\Gamma_{max-sim}$ en m/s^2 : clic droit sur la **pièce concernée (accéléromètre)** /résultat/etc. Attention à choisir la bonne courbe à afficher.

Exploitation de la loi théorique

Vous avez étudié la loi entrée sortie géométrique et cinématique théorique : $\alpha(\theta)$ et $\dot{\alpha}(\theta)$. Nous allons tracer l'évolution de l'accélération de l'accéléromètre grâce à un script Python.

On a besoin de connaître le rayon de giration de l'accéléromètre ρ : ouvrir le capot latéral de l'égreneur et mesurer ρ .



Nous considérons que les caractéristiques cinématiques des points T et T' sont identiques (voir modélisation des lames) : vitesse et accélération identique.

8. Connaissant la vitesse $\dot{\alpha}$ et l'accélération angulaire $\ddot{\alpha}$, comment peut-on connaître les accélérations normale/tangentielle et totale au niveau de l'accéléromètre ? Vu le service rendu par le système égreneur, quelle accélération est intéressante ici ?

Ouvrir le script Python : « loi cinématique egreneur theorique ».

Saisir dans le script Python les valeurs de ρ et ω .

Lancer le code.

9. Relevez les valeurs d'accélérations maxi données par le code.
10. Quelle valeur nous intéresse ici ?

Retour sur les valeurs issues de l'acquisition sur le système

11. La valeur d'accélération relevée grâce à l'acquisition sur système est-elle l'accélération totale/tangentielle/normale ?
12. **Rappeler** les trois valeurs d'accélération intéressantes trouvées : théorique, simulée, réelle, et celle du cahier des charges.
Conclure sur la validité du modèle cinématique des lames avec articulations à trois doigts.
Conclure sur la validité du cahier des charges.
13. Par lecture de la courbe de la vitesse moteur sur le graphique de l'annexe 3, (copie d'écran de l'acquisition de l'égreneur), calculer le nombre de tours effectués par le rotor moteur.

Ouverture sur un modèle statique des lames

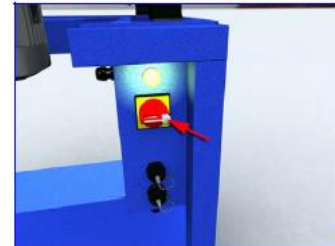
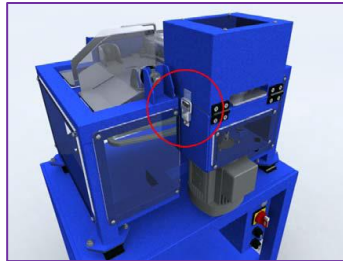
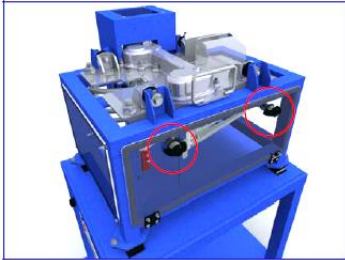
14. Quelle modification apporter au modèle « trois doigts » des lames, pour faire une étude de statique en modélisant l'effet ressort des lames.

FIN DU SUJET

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 sans utiliser l'application PC.

- 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.

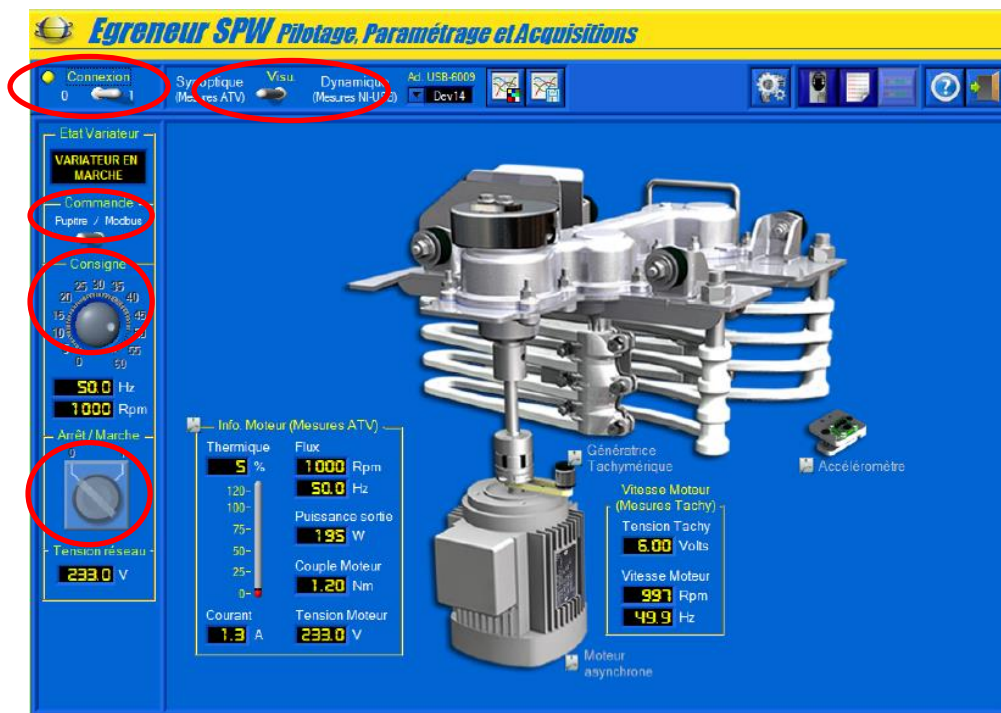


ANNEXE 2 : PILOTAGE PAR LE BUS DE DONNEES ET ACQUISITION

Il s'agit de piloter le système par l'applcatif 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.

- Ouvrir l'applcatif de l'égreneur SPW 
- Bouton « connexion ATV 0/1 » : connectez l'applcatif 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 !
- Pendant le mouvement faites-varier la vitesse avec le bouton tournant.



ANNEXE 3 : ACQUISITION ET AFFICHAGE DES VALEURS CAPTEUR

- Pour afficher les courbes : bouton en haut « Visu », choisir « Dynamique ».
- 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.



Figure ci-dessous : courbes obtenues lors de l'acquisition sur l'égreneur.

