

Titre : M35 - Moteurs

Présentée par : Marion Jacob

Rapport écrit par : Ludivine Emeric

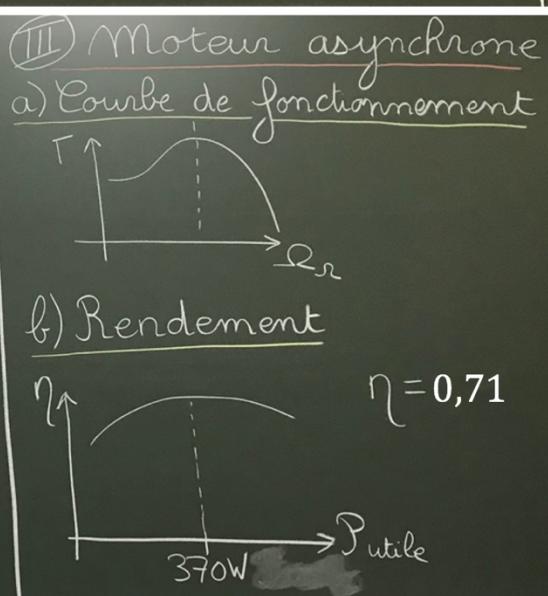
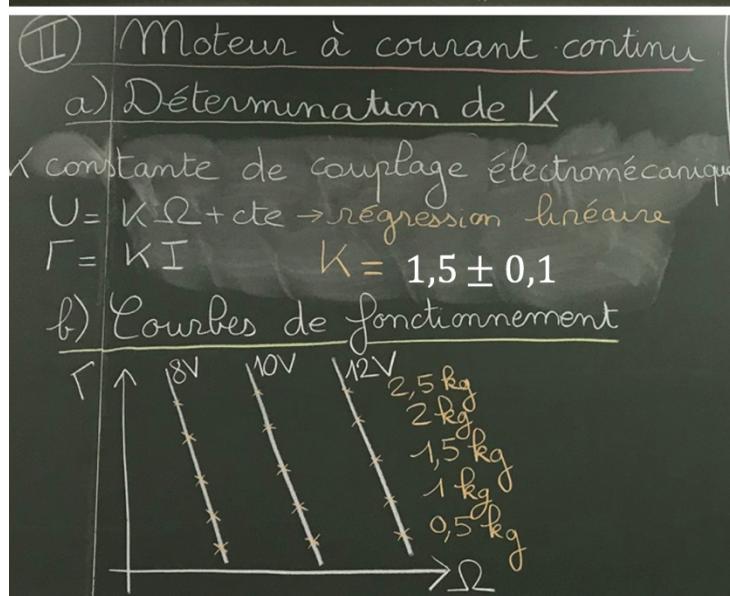
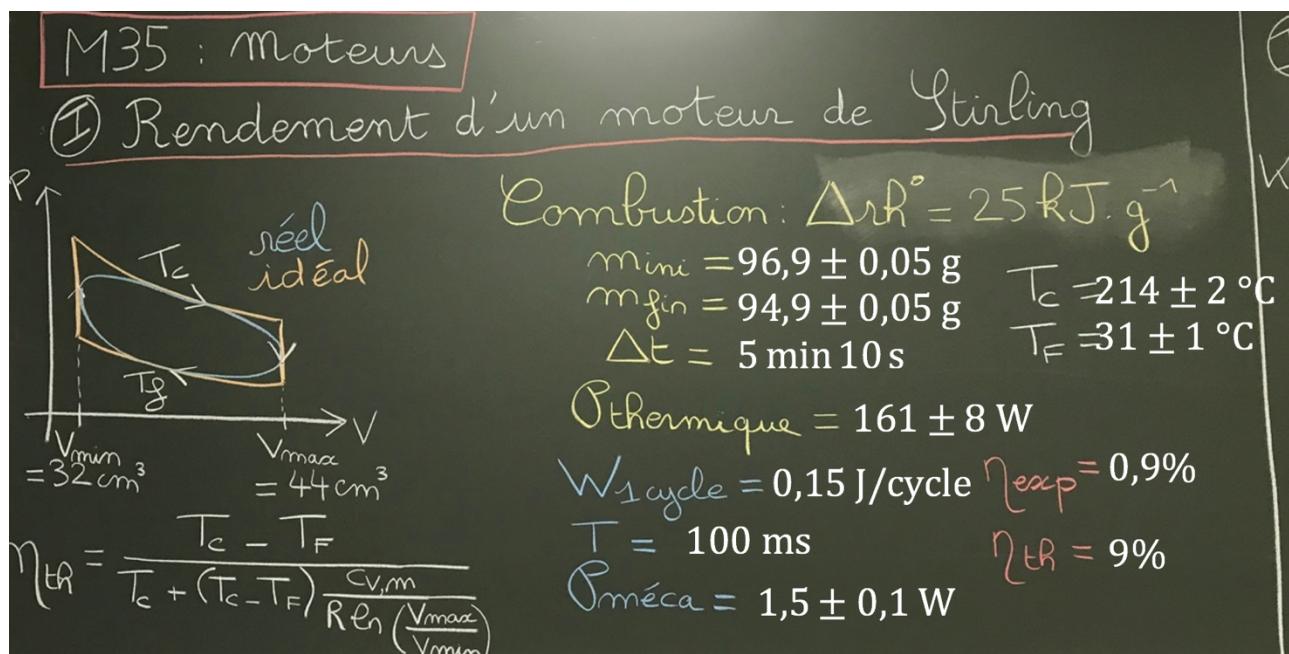
Correcteur : Alexandra D'Arco &amp; Julien Froustey

Date : 15/01/2021

## Bibliographie

Titre	Auteurs	Éditeur
Cours de Jérémy Neveu		
Poly de TP moteurs (série 3)		

## Photo du tableau



## Expérience 1

Référence : TP Moteurs (série 3)

Temps consacré : 15 min

But de la manip : Déterminer le rendement du moteur de Stirling

Mesure présentée devant le jury : Mesure de la masse de l'éthanol, avant et après pour avoir la puissance fournie grâce au pouvoir calorifique de l'éthanol (25kJ/g). Calcul de la puissance mécanique produite par mesure de la pression (pressiomètre) et volume (potentiomètre) au cours d'un cycle : intégration de  $P(V)$  pour avoir le travail d'un cycle et mesure de la période à l'oscilloscope pour en déduire la puissance utile.

## Expérience 2

Référence : TP Moteurs (série 3)

Temps consacré : 10 min

But de la manip : Déterminer la constante de couplage et la courbe de fonctionnement d'un moteur à courant continu

Mesure présentée devant le jury : Mesure du temps de levée d'un poids sur une distance connue,  $m=1\text{kg}$ ,  $U=8\text{V}$ ,  $10\text{V}$ ,  $12\text{V}$ . On en déduit la constante de couplage électromécanique. Puis avec  $U=9\text{V}$ ,  $m=0.5\text{kg}$ ,  $1\text{kg}$ ,  $2\text{kg}$  pour déduire la courbe de fonctionnement

## Expérience 3

Référence : TP Moteurs (série 3)

Temps consacré : 5 min

But de la manip : Déterminer la courbe de fonctionnement et le rendement d'un moteur asynchrone

Mesure présentée devant le jury : Mesure de la puissance absorbée par le moteur et la vitesse de rotation du rotor pour différentes tensions de freinage

## Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

*(L'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)*

### Moteur asynchrone

Qu'est-ce que tu calcules dans le montage du moteur asynchrone ? Le couple et le rendement.

C'est quoi le capteur ? Une dynamo. **Dynamo tachymétrique, cf. notice**

Comme sur les vélos ? Ça sert à quoi ? Mesurer la vitesse de rotation sur un vélo. Pareil ici, on obtient  $\omega_r$ .

A quoi sert l'autre capteur ? Avoir la tension du couple résistif.

Comment calculer le couple à partir de la mesure de la tension de freinage ? Une tension de 5V correspond à un couple de 20 N.m, donc on applique un facteur 4 à la tension mesurée.

Comment déterminer la puissance absorbée par le moteur ? Un wattmètre est branché sur l'alimentation du moteur pour mesurer ce qui est prélevé au secteur. Il mesure une seule phase. Pour prendre en compte les 3 phases, on multiplie par 3.

As-tu comparé les valeurs obtenues avec les valeurs du constructeur ? La puissance nominale est de 370W, c'est en accord avec les valeurs expérimentales (en fait on a un plateau, c'est difficile de donner une valeur exacte). Le rendement maximal obtenu est 0,71, c'est compatible avec le constructeur ? Oui, dans la datasheet on a un rendement de 72%.

Le champ tournant du stator fait tourner le rotor, sur la courbe de fonctionnement on voit que le couple tend vers 0 quand  $\omega_r = \omega_s$ , pourquoi ? Le rotor tourne à la même vitesse que le champ du stator, le moment magnétique est nul. En effet le rotor a un moment magnétique induit par la variation du flux du champ statorique vu par le rotor, et ce flux devient constant si le rotor tourne à la vitesse exacte du champ tournant.

A quelle vitesse tourne le champ statorique ? 1500 tours/min. Combien en Hertz ? 25Hz. Ce n'est pas 50Hz ? Non parce qu'il y a 2 paires de pôles (1 paire de pôles = 3 bobines, 1 bobine pour chaque phase).

Ça sert à quoi d'avoir 2 paires de pôles ? La vitesse de rotation diminue donc le couple augmente.

Pourquoi on utilise du courant triphasé ? Pour avoir moins de pertes dans le transport de l'énergie et moins de volume de matériaux dans les câbles.

Comment marche le couple résistif ? C'est une force de frottements fluides créée par une poudre métallique fluide dont la viscosité dépend du champ magnétique appliqué.

Connais-tu d'autres types de moteurs ? Le moteur synchrone.

Quelle est la différence avec le moteur asynchrone ? Le rotor tourne à la même vitesse que champ statorique. Il s'aligne en permanence. Dans l'asynchrone c'est impossible car le rotor est court-circuité.

### Moteur à courant continu

Comment marche le MCC ? Le stator est constitué d'un pôle + et d'un pôle -. Le rotor est une spire à laquelle on applique une différence de potentiel. Le champ statorique est permanent (aimant ou bobine). Le rotor s'aligne dessus. Il y a également un collecteur : celui-ci est en contact avec la spire au travers de balais. Ils permettent de changer sa polarité. Le champ est la spire est donc inversé. Le collecteur est une pièce essentielle du MCC. Les balais sont fragiles, ils s'usent et provoquent des pertes par frottements. Dans un moteur de disque dur d'ordinateur il n'y a pas de balais, c'est un contrôleur électronique qui change la polarité.

Qu'est la puissance utile ?  $P_u = mgv$

Quelle est l'unité de K ?  $[K] = V.s.rad^{-1}$  Faites bien attention à ne pas oublier les unités dans les grandeurs inscrites au tableau !

C'est quoi la constante dans U ?  $RI$

C'est vraiment constant ? On peut voir  $RI$  constant sur la courbe  $\Gamma = f(\Omega)$  ? Expérimentalement, I varie pour une même masse ?  $\Gamma$  est pratiquement constant pour une même masse.

Comment as-tu choisi la plage de mesure de hauteur ? Quelles sont les incertitudes ? Une zone où la montée est en régime permanent, le courant est constant, la vitesse de translation est pratiquement constante. C'est une zone qui fait 46 cm de hauteur.

On est sûr d'être en régime permanent au trait du bas ? Le courant est stable à ce moment là.

On aurait pu mesurer plus précisément la vitesse ? Sur le logiciel Cineris, on aurait pu obtenir la vitesse à chaque image de la vidéo.

La tension mesurée est même que tension de commande ? Non car il y a des pertes dans le circuit (interrupteur, ampèremètre et fils).

Quelle tension faut-il mettre pour déterminer K ? La tension mesurée.

L'incertitude sur le courant est de  $2\mu A$ , ce n'est pas sous-estimé ? Ça correspond à la variation du courant sur l'ampèremètre.

Les mesures que tu as faites en préparation n'ont pas été superposées aux dernières mesures, pourquoi ? J'avais prévu de les rajouter mais ça faisait beaucoup sur le graphe et c'est impossible de les ajuster séparément

Tu as tracé  $\Omega = f(U)$ , pourquoi pas l'inverse ? Les incertitudes sont plus grandes sur  $\Omega$  que sur U.

### Moteur de Stirling

Au cours d'un cycle, qu'est-ce qu'il se passe sur le volume ? La courbe est bizarre quand on est au volume minimum, je ne sais pas pourquoi. Le tube de mesure du pressiomètre est peut-être mal fixé mais je n'ai pas réussi à le corriger.

Tu n'as pas mis d'incertitude dans les rendements que tu as calculé, quelle incertitude on aurait pu mettre ? On a une incertitude de 2% sur le pressiomètre.

Pourquoi le tracé des cycles est aussi épais ? On aurait pu en extraire une information sur les incertitudes ? Chaque cycle n'est pas exactement le même que le précédent. Etant pris par le temps, je n'ai pas jugé utile de considérer des incertitudes car le modèle n'est pas très réaliste.

C'est quoi un cycle de Carnot ? 2 adiabatiques + 2 isothermes, ça donne un rendement maximal. Ici ce sont 2 isothermes + 2 isochores.

A quoi sert l'élastique derrière ? C'est pour relier les pistons à un moteur que l'on peut alimenter avec une source continue ce qui permet d'utiliser la machine comme une pompe à chaleur (ici on aurait pu/dû l'enlever, il ne fait que générer davantage de frottements).

Ça fait quoi sur le rendement quand tu laisses la courroie ? Le rendement est plus faible.

Sur le cycle réel, pourquoi on a des écarts, pourquoi ce ne sont pas des isothermes idéales ? Dans le modèle idéal on considère que le système est à une température uniforme alors qu'en réalité il y en a une partie à  $T_c$ , une partie à  $T_f$ ... En effet à chaque instant, une partie du gaz est au contact de la source froide alors même qu'il peut s'agir de la phase de « détente isotherme à  $T_c$  ».

Où mesure-t-on la source froide ? Pourquoi ? Dessus, dans le tube.

On mesure la pression de quoi ? Le tube qui mène au pressiomètre fait partie du système ? La pression de l'air dans la zone où il y a le piston de travail. Oui.

Pourquoi ce n'est pas un moteur de Stirling dans les voitures ? Leur rendement trop faible car c'est une combustion externe. Actuellement les moteurs thermiques de voiture ont un rendement de 35 à 42%.

Est-ce que ça rend le moteur de Stirling inutile ? Est-ce que c'est grave d'avoir un mauvais rendement ? On peut l'améliorer en récupérant les pertes (ajout d'un régénérateur).

Tu as dit qu'on sous-estimait le rendement car on n'utilise pas vraiment toute l'énergie de combustion, peux-tu en faire une estimation ? Il faudrait connaître la capacité de la verrerie et les pertes qui partent sur les côtés dans l'air. C'est une mesure compliquée.

Combien de temps ce moteur peut fonctionner ? Il s'arrête après 30 min environ car la source froide est de plus en plus chaude.

## **Manipulation supplémentaire durant l'entretien**

But de la manip : fabriquer une lumière polarisée circulairement dont on peut modifier la puissance

Matériel : 1 laser polarisé, 1 laser non polarisé, 2 polariseurs, 1 lame demi-onde, 1 lame quart d'onde

Laser polarisé + lame quart d'onde + analyseur

- la  $\lambda/4$  change la polarisation rectiligne en elliptique
- si l'intensité varie quand on tourne l'analyseur : elliptique, il faut placer la  $\lambda/4$  de façon à ne plus avoir de variation (circulaire)
- on cherche les axes neutres de la lame : ceux qui laissent la polarisation inchangée
- on place la  $\lambda/4$  de façon à avoir la polarisation incidente à  $45^\circ$  par rapport aux axes neutres

Pour changer la puissance, on insère un polariseur au tout début, on le met dans la même position que la polarisation initiale du laser. On conserve ainsi la polarisation circulaire.

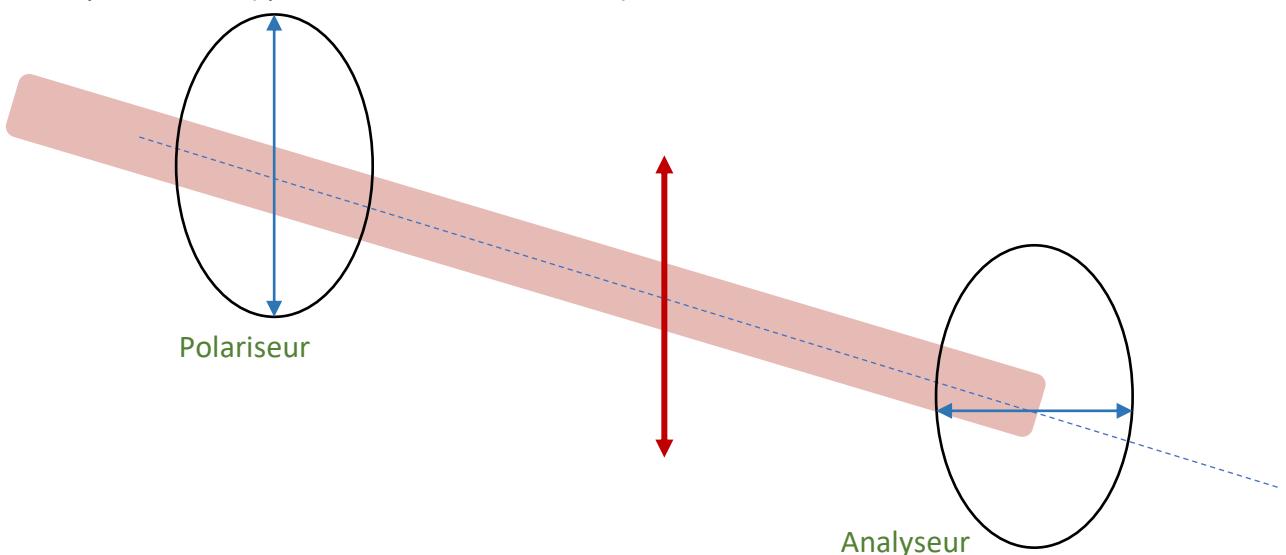
En tournant le polariseur du laser, on atténue la puissance (avec le laser non polarisé, il faudrait donc 2 polariseurs).

Méthode pour obtenir une polarisation circulaire :

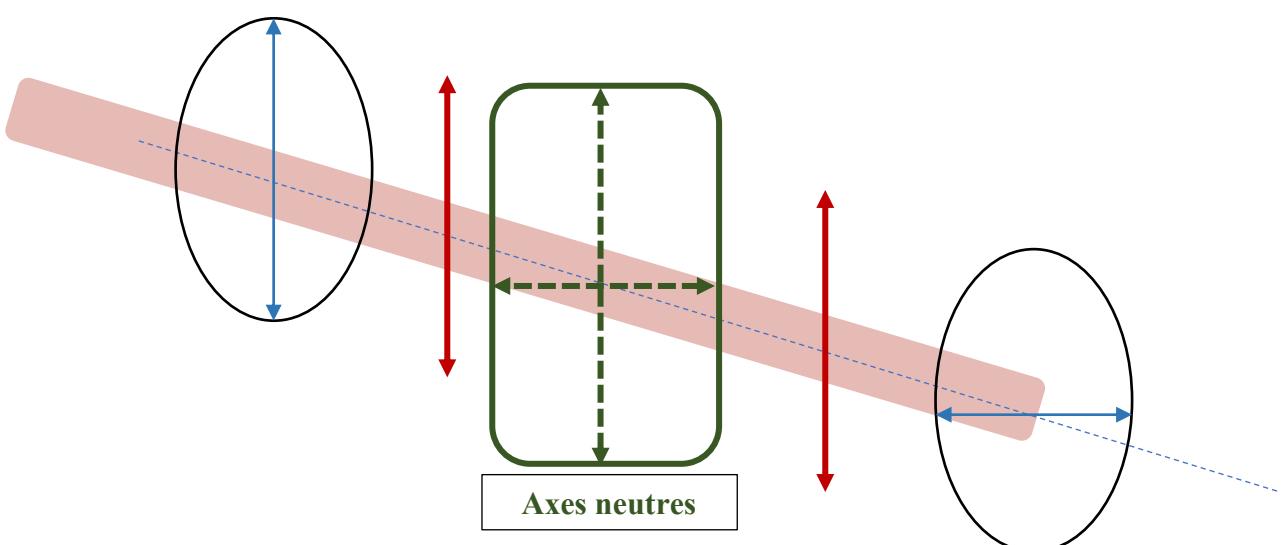
**[Polarisation rectiligne] ----- lame  $\lambda/4$  avec axes neutres à  $45^\circ$  de la direction de polarisation -----→ [Polarisation circulaire]**

Il faut donc :

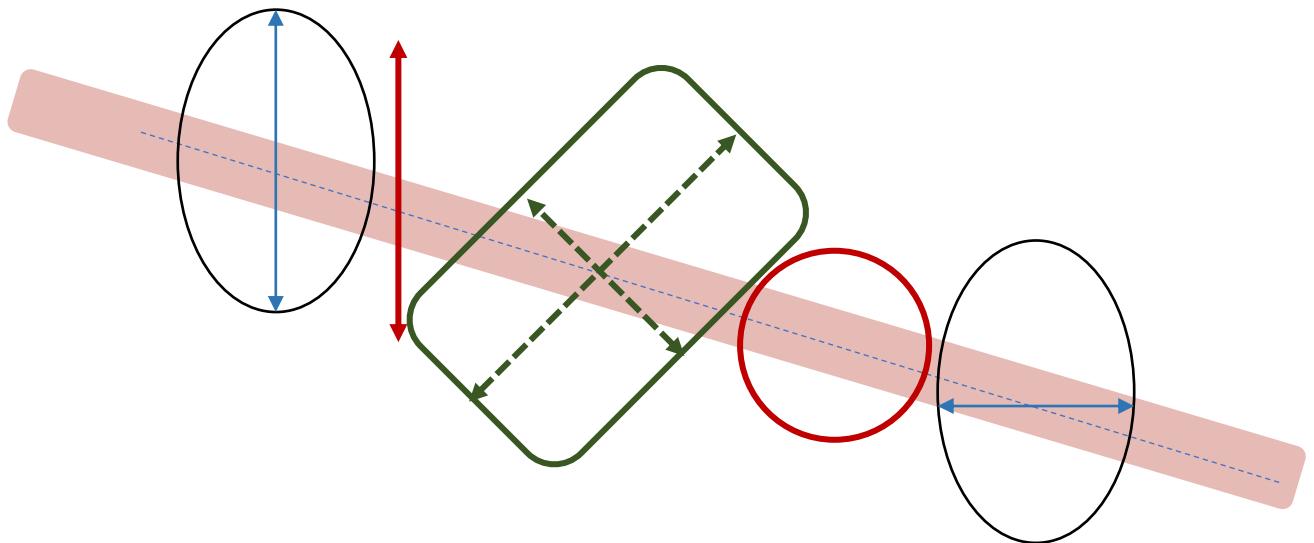
- 1) Obtenir une polarisation rectiligne. C'est directement le cas avec un laser polarisé (on peut le vérifier avec un analyseur), ou sinon on prend un ensemble {laser non polarisé + polariseur}. Même avec un laser polarisé, mettre un polariseur permet de choisir la direction de polarisation (quitte à diminuer l'intensité).



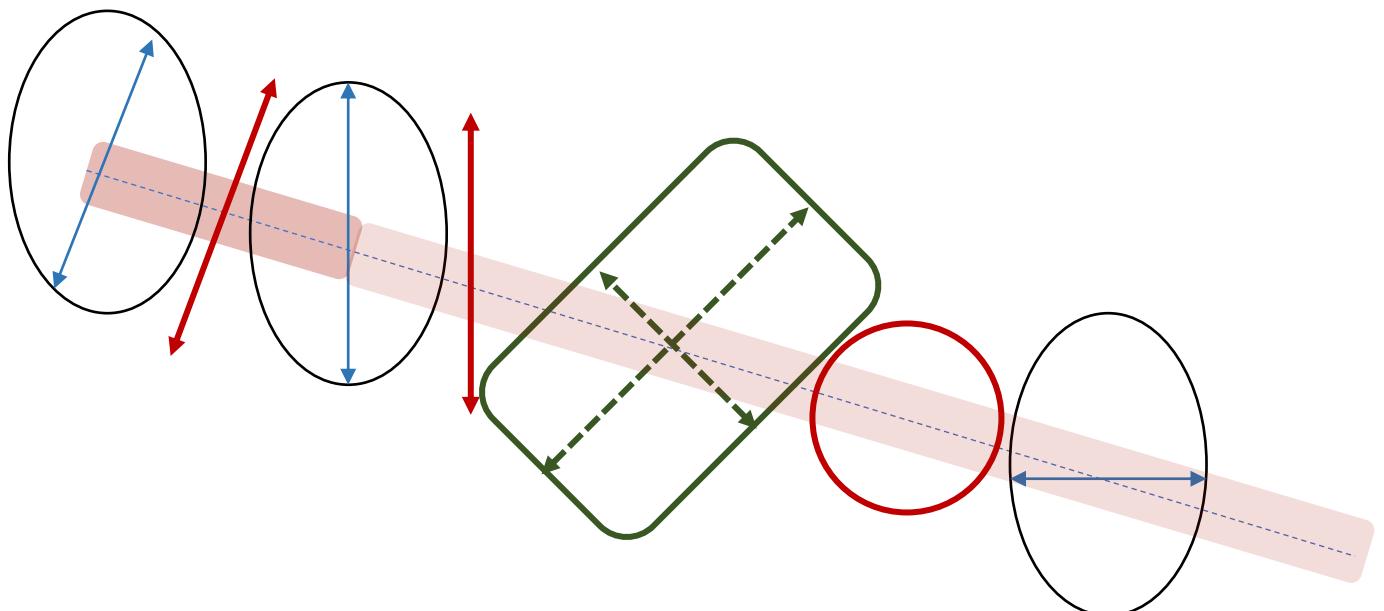
- 2) Déterminer les axes neutres de la lame  $\lambda/4$ . Pour cela, on place en plus du montage précédent un analyseur qui éteint le signal (donc analyseur orthogonal à la polarisation rectiligne). On rajoute la lame  $\lambda/4$  au centre. On la fait tourner, et on repère ses axes neutres lorsque on réobtient une extinction en sortie (sans toucher à l'analyseur ! On ne touche qu'à la lame  $\lambda/4$ , et lorsqu'on tombe sur un axe neutre la polarisation rectiligne entrante est inchangée, d'où l'extinction en sortie).



- 3) On tourne la lame  $\lambda/4$  à  $45^\circ$  par rapport aux directions des axes neutres repérées précédemment. Si on fait tourner l'analyseur en sortie, le signal est constant : polarisation circulaire !



- 4) Pour faire varier la puissance, on rajoute un polariseur au tout début (attention, il faut que la direction de polarisation qui attaque la lame  $\lambda/4$  soit la même qu'avant, d'où le fait de mettre le polariseur au tout tout début), la loi de Malus fait le reste.



## Commentaires lors de la correction

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu du montage : sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. **Les enseignants** relisent, et rectifient si besoin)

Le montage était très bien présenté, le tableau propre, c'était bien expliqué, l'historique était bien présenté, le fonctionnement est très bien compris, le rythme était bon.

Il y a cependant un problème de temps. En effet, on n'a pas pu passer suffisamment de temps sur le moteur asynchrone.

Partie polarisation à revoir avec les explications ci-dessus.

Moteur de Stirling : très bien. Il aurait fallu rajouter une incertitude sur l'énergie du cycle, prendre en compte le pas de quantification de l'oscilloscope et le minimiser en zoomant au maximum la fenêtre. Problème sur la mesure du volume : le potentiomètre est sûrement mal mis, on peut le corriger. Ne pas mettre la courroie. La source froide n'est pas mesurée là où il y a le piston de travail car il n'y a pas toujours de l'air.

Tu étais bien lancée, tu y as consacré suffisamment de temps pour que ça fonctionne.

MCC : moins maîtrisé, il aurait fallu faire moins de points, une mesure en direct suffisait. Il fallait prendre la tension aux bornes du moteur. Remarque concernant le logiciel Cinéris, il vaut mieux dire « acquisition vidéo », c'est plus général.

Il est important de mettre tout ce qu'on mesure au tableau, comme le temps de montée mesuré et la distance correspondante pour obtenir la vitesse de rotation.

On peut obtenir la résistance du moteur avec l'abscisse à l'origine et la comparer à la notice.

Tu aurais peut-être pu faire la régression linéaire des courbes de fonctionnement en jouant sur les abscisses de la plage d'ajustement.

Moteur asynchrone : ne pas le mettre ou déterminer le rendement en un seul point et bien détailler la démarche. Tu as fait trop de fois la même mesure par rapport au temps restant.

Ce que tu aurais dû faire devant le jury : rajouter un point à ta courbe de préparation, c'est ce qui valide l'ensemble, important.

Ce qui a fait « perdre » du temps ici est le fait de répéter plusieurs fois des mesures identiques sur le MCC. C'est dommage, car on ne montre pas des capacités expérimentales différentes en faisant ce choix. Prendre un ou deux points qui s'inscrivent en plus d'une courbe de préparation peut être suffisant.

On peut aussi tout à fait faire le choix de ne présenter que deux moteurs et passer bien du temps sur la MCC, en mesurant K, en faisant complètement une courbe de fonctionnement (3 points pour une droite c'était trop peu ici), voire en calculant un rendement. Ou remplacer la MCC par le moteur asynchrone. Garder un moteur thermique dans tous les cas permet de diversifier les types de machines.