

VROOOUM EN SILENCE



Alexandre RIVIERE
Roman BEILVERT
Aurèle VOLTE
Baptiste DENNERY

Professeur: Monsieur CALIXTE

Lycée Fragonard, L'Isle Adam



OLYMPIADES
DE PHYSIQUE FRANCE

INTRODUCTION

Tout a commencé un matin, sur le chemin du lycée. Ce matin là, la ville venait de refaire une route, l'asphalte était magnifique. Nous nous sommes alors tout de suite dit : « Si seulement on avait un karting, on pourrait rouler à raz du sol sur cette route ! » et c'est de là que ce projet a germé. C'est donc pour cela que lors des TPE de première, nous avons construit un karting taille réelle, en partant de rien. Nous avons conçu et imaginé entièrement ce projet, qui nous a rapporté la note de 20/20. Ce karting, nous l'avons motorisé à l'électrique, à l'aide d'un alternateur de voiture récupéré. La grande étendue de recherches autour de ce projet, nous a mené à participer aux olympiades...

Notre étude consiste à se pencher sur le fonctionnement de l'alternateur transformé en moteur, en expliquant les détails de la réalisation, les choses à savoir sur un moteur électrique et un alternateur, et par la suite nous étudierons les performances obtenues.



Sommaire

I. Comment fonctionne un moteur électrique

- Les différents moteurs
- Le fonctionnement/phénomène
- Notre moteur expérimental

II. Le fait de convertir un alternateur en moteur

- Un alternateur qu'est ce que c'est ?
- Les transformations apportées
- Les ajouts importants au fonctionnement

III. L'étude des tests/expériences

- Résultats
- exploitation

IV. Conclusion

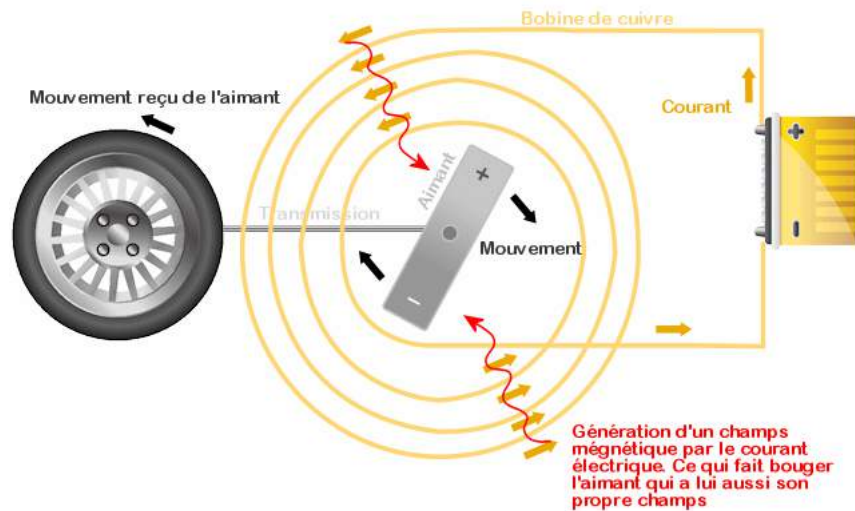
Bibliographie

Deux types de moteur intéressant

Il existe plusieurs types de moteurs électriques certains fonctionnant avec un courant continu et d'autres avec un courant alternatif, certains encore produisant un mouvement circulaire et d'autre un mouvement transversal. Parmi ceux là il y a les moteur asynchrones et synchrones, ceux se rapprochant le plus de nos besoins.

Le moteur asynchrone :

C'est un moteur triphasé fonctionnant grâce à un courant alternatif. Les bobines créent un champs électro-magnétique qui entraîne le rotor. C'est un moteur asynchrone car le rotor tourne légèrement moins vite que le champs magnétique, cette différence est appelé glissement. La fréquence du courant alternatif n'est alors pas forcément proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur.



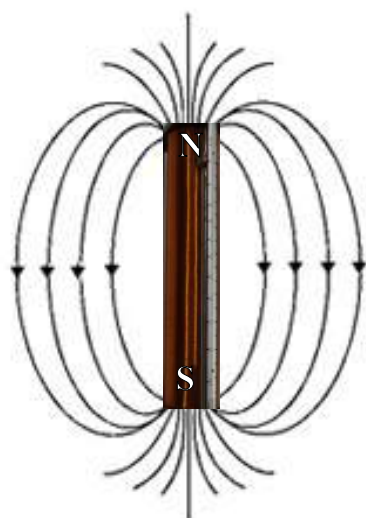
Le moteur synchrone :

Il est basé sur le même principe que le moteur asynchrone mais sans glissement. La fréquence du courant alternatif est alors proportionnelle à la vitesse de rotation du rotor. C'est précisément le moteur que nous avons essayer de reproduire en convertissant l'alternateur de voiture.

Le phénomène qui se produit...

Nous savons désormais que le moteur électrique se divise en plusieurs familles, mais elles ont toutes le même principe de base, celui de l'interaction entre le champ d'un aimant et celui de bobine de fils de cuivre.

Le principe est de créer un courant alternatif (sinusoïdale) traversant une bobine électrique, le passage du courant va créer un champ magnétique. D'après l'expérience d'Ørsted en 1821 .



champs magnétique autour de la bobine

Le champ magnétique ci-contre représente les lignes de champs magnétiques autour de la bobine. Le courant alternatif la traversant fait que les pôles N-S de ce champ magnétique s'inverse continuellement.

Pour régler la vitesse de rotation d'un moteur, on règle donc l'intensité, la tension et la fréquence du courant alternatif traversant la bobine.

Pour notre projet nous utilisons un moteur composé de trois bobines distinctes, ce phénomène se produit donc trois fois simultanément dans chaque bobine au sein du moteur.

Désormais que nous comprenons le comportement d'une bobine en présence d'un courant, il faut comprendre le rôle de l'aimant du moteur. Cet aimant a un champ magnétique constant ou permanent, il ne change pas de polarité. C'est soit un aimant permanent basique, soit une pièce métallique entourée d'une bobine alimentée par un courant continu. Dans les deux cas, le résultat est le même, c'est à dire un aimant à champ magnétique stable .

Quand ces deux composants sont à proximité et avec un certain positionnement (vu précédemment) on obtient une rotation.

Maintenant essayons de mettre ça en œuvre !

Le moteur expérimental

Un moteur électrique est donc un ensemble de composants électroniques et magnétiques s'appelant rotor et stator. Le rotor est, comme son nom l'indique, la partie qui va rentrer en rotation. Cette partie rentre en rotation grâce à la présence du champs tournant créer par le stator (pièce statique)

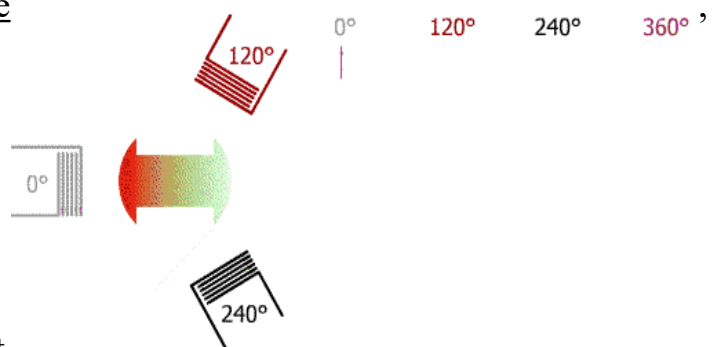
Pour mieux comprendre ce phénomène entre ces deux composants, nous avons simulé cela à l'aide de trois bobines de fils de cuivre identique, de trois GBF (générateur basse fréquence), et d'une aiguille aimantée.



Montages des trois bobines avec leurs GBF associés et l'aimant au centre

Les trois bobines sont placées en étoile c'est une forme spécifique qui écarte les trois bobines avec un angle de 120° , prenant ainsi la forme d'une étoile.

Chaque bobine est donc reliée à son GBF respectif, nous plaçons ces trois générateurs sur la fréquence de 5 Hertz en sinusoïdale, il faut replacer et ajuster précisément l'aiguille et les bobines. Une fois la mise en place parfaite, l'aiguille aimanté se met a tourner ! Nous avons notre moteur expérimental .



Nous avons, grâce à cette simulation, pu constater plusieurs faits. En effet, quand nous augmentons la fréquence de la sinusoïdale sur un seul GBF, l'aiguille aimantée va se mettre à tourner de façon irrégulière et à un rythme saccadé. Après avoir atteint une trop grosse différence de fréquence (10Hz), l'aiguille cesse sa rotation et vibre très irrégulièrement.



Montage expérimental où on y aperçoit un des trois GBF stabilisé à ~ 5Hz

Par la suite, nous avons restabilisé la fréquence à 5Hz, l'aiguille se remet à tourner, nous retirons d'abord une des trois bobines du montage et la rotation de l'aiguille reste identique ! On retire alors une deuxième bobine, n'en laissant donc qu'une sur le montage, et encore une fois l'aiguille n'est pas perturbée. Elle a donc trouvé une stabilité avec le champ alternatif de la bobine. En effet l'aiguille aimantée peut être considérée comme un petit dipôle magnétique créé par chaque bobine. Comme le champ magnétique de chaque bobine varie sinusoïdalement, alors l'aiguille voit alternativement un pôle nord et sud pour chaque bobine. Ainsi l'aiguille tourne pour s'aligner suivant le champ magnétique de chacune des bobines décalée de 120° .

Enfin nous avons essayé d'augmenter la vitesse de l'aiguille, pour cela, comme vu précédemment, nous augmentons simultanément la fréquence de la sinusoïde sur les trois GBF. Durant le premier essai, nous avons augmenté cette fréquence trop rapidement, ce qui a arrêté la rotation de l'aiguille. Cela s'explique par le fait que, par le biais de l'augmentation de la fréquence, nous augmentons la rapidité du changement de polarité des bobines, cette accélération du changement de polarité va créer un décalage entre la fréquence des bobines et l'aimant au centre, celui-ci va se retrouver face à une variation des polarités trop rapide. Pour simplifier la chose, le champ magnétique de la bobine va plus vite que la rotation de l'aimant, ce qui casse donc tout équilibre entre rotor et stator. Par la suite nous avons augmenté la fréquence très progressivement, et la vitesse a belle et bien augmenté !

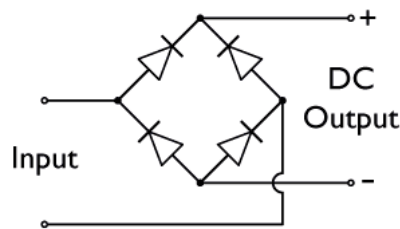
Conversion alternateur :

Pour notre conversion, nous avons fait l'inverse de la fonction de base de l'alternateur, c'est-à-dire lui envoyer du courant afin de le faire tourner.

Pour ce faire nous avons donc récupéré le système de rotor et stator de l'alternateur, et retiré les composants inutiles pour nous, (pont diode) d'un alternateur à but de création d'énergie, (l'alternateur peut donc créer un mouvement quand il reçoit de l'électricité, ou créer de l'électricité si on le met en mouvement).

Pont diode :

Dans notre cas, pour convertir notre alternateur en moteur électrique nous n'avons pas besoin du pont diode puisque nous avons besoin de passer d'un courant continu (celui de sortie des batteries) à un courant alternatif pour l'alternateur modifié.



Un pont diode est un composant électronique qui permet de convertir un courant alternatif en courant continu. Les diodes ne laissant passer le courant que dans un seul sens. Le courant arrive à chaque borne alternativement, lorsque la tension est positive le courant ne peut passer que dans les diodes laissant passer le courant et de même pour une tension négative. De fait les tensions positives se retrouvent toujours à la même borne de sortie et idem pour la tension négative. Le courant alternatif est alors redressé en courant continu qui peut être stocké dans les batteries après avoir été produit en alternatif par un alternateur classique.

Le contrôleur

Le contrôleur de notre karting est relié par un fil électrique au pôle moins de la dernière batterie, et par deux fils au pôle plus de la première batterie, (le deuxième n'étant qu'une sécurité). Le courant reçu par le contrôleur (48V 1500watts) provenant des quatre batteries de 12V est à ce moment continu. Le rôle du contrôleur va alors être de transformer ce courant continu en courant alternatif, qui sera

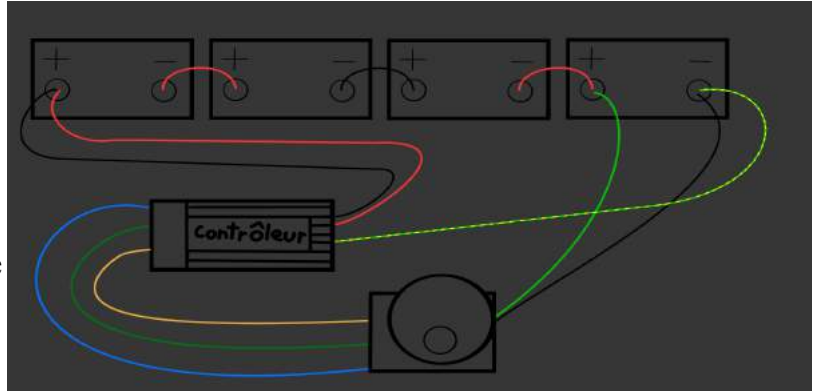


schéma contrôleur

desservi par trois fils reliés aux trois bobines de l'alternateur. Le contrôleur va ainsi envoyer alternativement le courant dans les trois bobines de l'alternateur, faisant ainsi tourner le rotor de celui-ci. Il existe également un dernier fil électrique relié à la pédale, permettant de modifier la fréquence du courant, (le principe d'un accéléromètre). Ainsi, la pédale nous permet en modifiant la fréquence du courant alternatif délivré dans l'alternateur d'accélérer, le contrôleur envoyant un courant plus ou moins élevé selon la force d'appui sur la pédale.

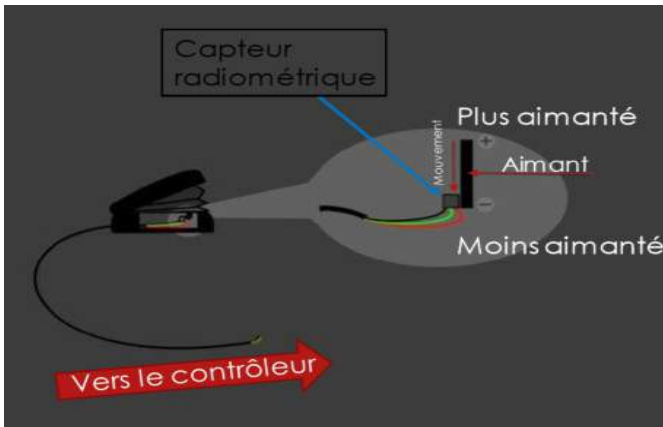


schéma pédale

Le contrôleur est équipé d'un onduleur qui permet de transformer un courant continu en courant alternatif. Il réalise la fonction inverse du pont diode. Ainsi le courant des batteries peut être alternativement desservi dans chacune des trois bobines du stator. Cette onduleur est autonome et permet donc de modifier la fréquence du courant alternatif en fonction des informations envoyées par le capteur radiométrique. Une variation de fréquence qui modifie la vitesse des champs magnétiques et donc la vitesse de rotation du rotor.

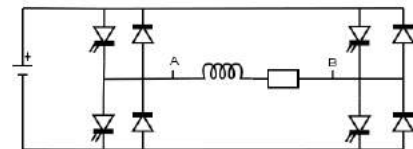


Schéma de principe d'un onduleur de tension monophasé appliqué sur une charge inductive (AB)

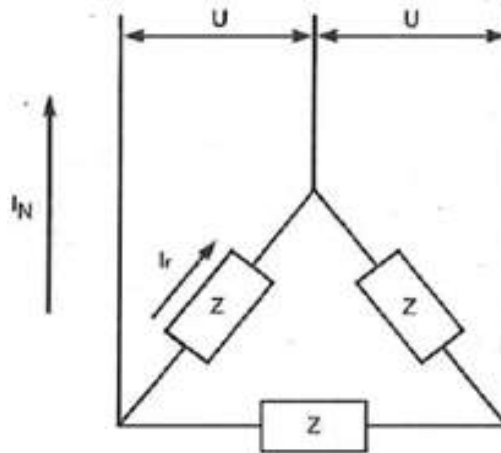
En outre il nous faut alimenter le rotor de notre alternateur car celui-ci est un électroaimant. Nous avons donc une de nos batteries qui sert aussi à l'alimentation électrique du rotor.

Aujourd'hui nous n'avons plus que trois batteries, mais ce sont des batteries au lithium-polimère bien plus légère et performante. Deux batteries sont des 5S (21 Volts à pleine charge) et la troisième est une 4S (16,8 volts à pleine charge).

Montage triangle et étoile

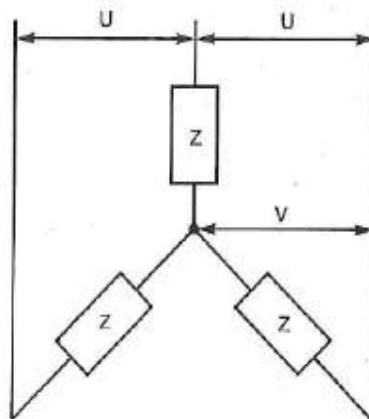
Lors de la conversion de notre alternateur en moteur électrique, nous avons également modifié le couplage triphasé qui était originalement en triangle en couplage étoile.

Couplage triangle :



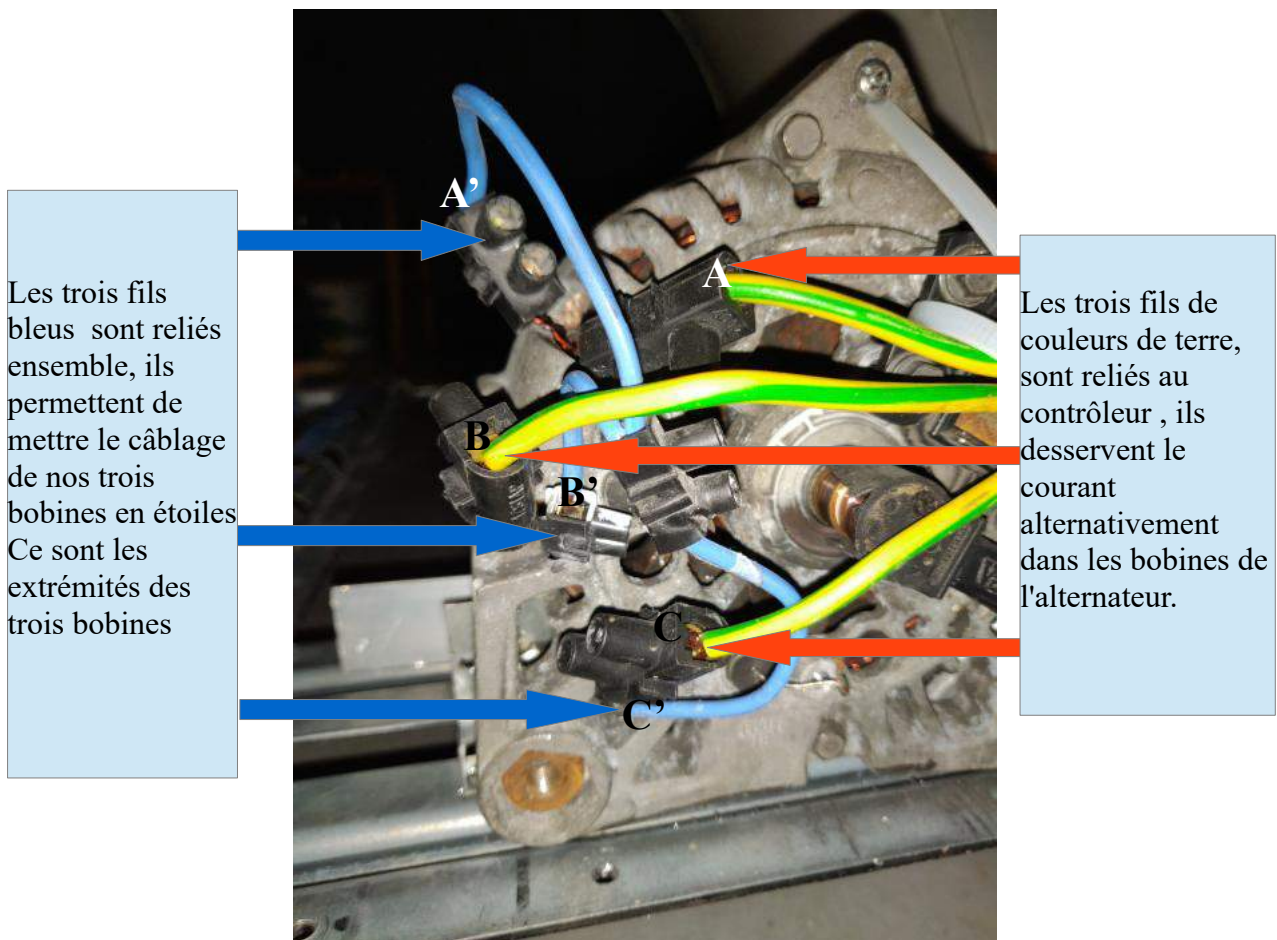
Dans un couplage triangle les bobines sont disposées en triangle, décalées de 60° les unes par rapport aux autres. Ces bobines alimentées en courant alternatif produisent un champ magnétique latéral tournant. Ce champ permet donc une plus grande vitesse de rotation de l'électroaimant. Par opposition le couple est moins important que pour le montage étoile. Le couplage triangle est donc plus efficace pour la fonction alternateur qui nécessite plus de vitesse que de couple.

Couplage étoile :

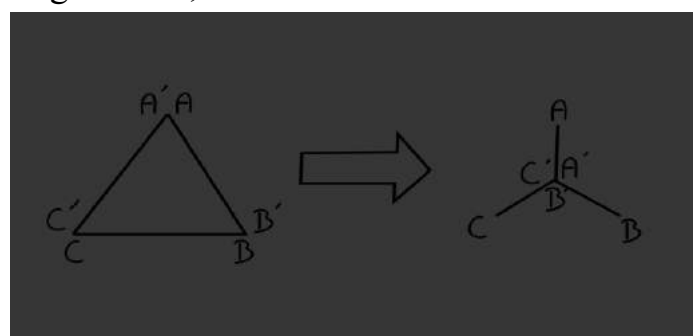


Dans un couplage étoile les bobines sont alimentées chacune en énergie et disposer en étoile (à trois branches) chacune étant décaler de 120° par rapport aux deux autres bobines. Un point neutre est alors créé au centre des trois bobines. La tension composée U est alors égale à la tension simple V multipliée par racine de trois. Puisque les champs électromagnétiques créés sont plus intenses aux extrémités des bobines que sur les bords le montage triangle fait donc tourner l'électroaimant avec plus de puissance.

Dans notre cas le couple était la priorité pour que notre karting puisse démarrer. Le choix du montage étoile était donc le plus judicieux.



Nous avons donc recâblé les sorties des bornes des bobines qui étaient branchées deux par deux. Nous avons donc trois bobines donc 6 sorties : AA',BB',CC' que l'on à changer par un câblage : ABC,A'B'C'.



à gauche couplage triangle / à droite couplage étoile

LES MESURES SUR LES MOTEURS

Après la conversion de l'alternateur de voiture en moteur électrique il nous fallait calculer la vitesse de rotation maximale de ce dernier. Plusieurs méthodes étaient alors à notre disposition :

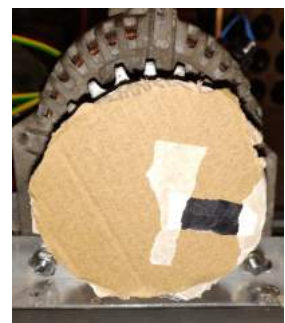
Le tachymètre :

Nous pouvions utiliser un tachymètre optique pour mesurer cette vitesse de rotation.

Matériels :

- l'objet dont on mesure la vitesse de rotation (pignon de l'alternateur)
- une bande adhésive réfléchissante
- un tachymètre optique

On colle alors une bande réfléchissante sur un disque en carton que nous collons sur le pignon de l'alternateur converti pour élargir le diamètre de mesure . Le laser se réfléchit alors plus sur la bande réfléchissante que sur le reste de la pièce. L'appareil peut donc mesurer la rotation en tr/min à vitesse maximale. Il ne reste ensuite plus qu'à convertir cette vitesse en radian par seconde pour comparer cette mesure à celle du stroboscope. Nous avons ainsi mesuré les vitesses de rotation des deux alternateurs de 110 ampères et 120 ampères.



disque avec bande réfléchissante sur le moteur

Pour l'alternateur de 110 ampères nous avons trouvé une vitesse de rotation de 2 473 tours/min soit 41,21 tours/s. $\Omega = 2\pi * 2473 / 60 = 258,9$ radians/s.

Pour l'alternateur de 120 ampères nous avons trouvé une vitesse de rotation de 2 327 tours/min soit 38.7 tours/s. Soit en radians/s : $\Omega = 2\pi * 2327 / 60 = 243.7$ radians/s.

Nous observons une différence de 2,51 tours/s entre la vitesse de rotation des deux alternateurs.

De plus, pour aller plus loin dans les tests, nous avons aussi essayer le test de rotation avec l'électroaimant alimenté non pas par une batterie au lithium de 5S mais par la batterie au lithium de 4S. Nous avons donc un électroaimant moins puissant .

Sous cette configuration, le moteur tourne avec quelque RPM en plus.

Nous avons 2500 RPM pour le moteur de 110 A , c'est donc 27 RPM de plus qu'avant. De la même façon, le moteur de 120 A, lui tourne à 2362 RPM, c'est donc 35 RPM de plus.

On peut donc penser de cela que certes la vitesse est accru mais cela au détriment d'une légère perte de couple dû à la moins grande intensité électromagnétiques du rotor.



rotor alimenté en 4S sur le moteur de 120A



rotor alimenté en 4S sur le moteur de 110A

Le stroboscope :

Il est également possible d'utiliser un stroboscope.

Matériels :

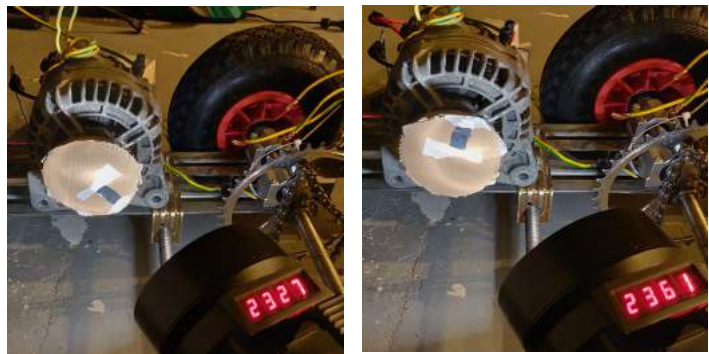
- L'objet dont on mesure la vitesse de rotation
- un repère (une bande adhésive de couleur)
- un stroboscope

On garde notre disque avec la bande réfléchissante qui va nous servir cette fois-ci de repère sur le pignon, puis on éclaire le pignon en rotation maximale à l'aide du stroboscope. On règle alors la fréquence des flashes lumineux du stroboscope pour obtenir une immobilité apparente du pignon. Le repère ne doit donc pas bouger et ne doit pas non plus être multiplié en plusieurs images. Le stroboscope permet d'observer des phénomènes périodiques dont la fréquence est trop élevée pour l'œil qui ne perçoit pas la discontinuité. La fréquence de clignotement du tube au xénon peut être réglée à l'aide d'un potentiomètre de réglage pour égaler la vitesse de rotation d'un objet qui tourne, dont le mouvement semble arrêté. Un affichage numérique indique les tr/min et la fréquence de clignotement.

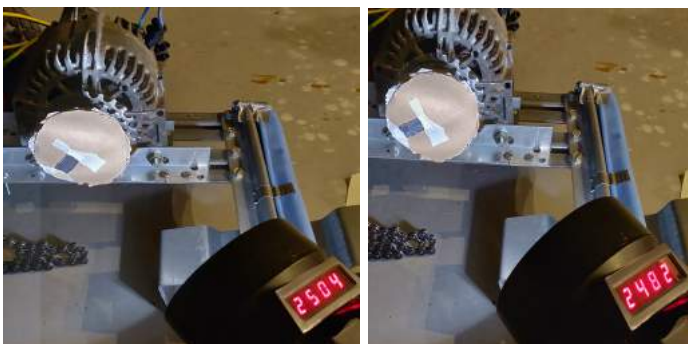
Lorsque ces deux conditions sont réalisées la fréquence des flashes est donc égale à la fréquence de rotation du pignon puisque chaque flash se produit au moment où le repère passe au point de l'immobilité apparente de la bande adhésive.

Nous avons donc fait les mêmes tests que avec le tachymètre optique, c'est à dire deux mesures pour chacun des moteurs en vitesse de rotation max. Nos résultats sont similaires entre le stroboscope et le tachymètre !!

Pour le moteur de 120A ci-contre, nous retrouvons la même mesure de 2327 flash/minute qui est équivalent au 2327 RPM du tachymètre. Et aussi 2361 flash/minute contre 2362 RPM sur le tachymètre. Nos résultats sont donc très satisfaisant et les incertitudes très faibles.



120A avec rotor alimenté 5S / 120A avec rotor alimenté 4S



110A avec rotor alimenté 4S / 110A avec rotor alimenté 5S

Avec le moteur de 110A, les résultats ont été moins proche entre le tachymètre et le stroboscope, mais la différence ne dépasse pas les 10 RPM.

Ces incertitudes sont dû aux batteries qui se vide au fur et à mesure des tests.

L'incertitude de mesure du tachymètre et du stroboscope sont toute les deux de plus ou moins 0,05% . Pour le stroboscope cela donne une incertitude de plus ou moins 1 Hz , sachant que nos moteurs tournent aux environ des 2400 RPM cela fais $2400/100*0,05= 1,2$ Hz

Pour le tachymètre nous nous retrouvons avec la même incertitude que le stroboscope mais celle-ci est en RPM.

Calcul de rotation avec décomposition d'images :

- Enfin nous pouvons aussi utiliser une méthode de décomposition d'images.

Matériels :

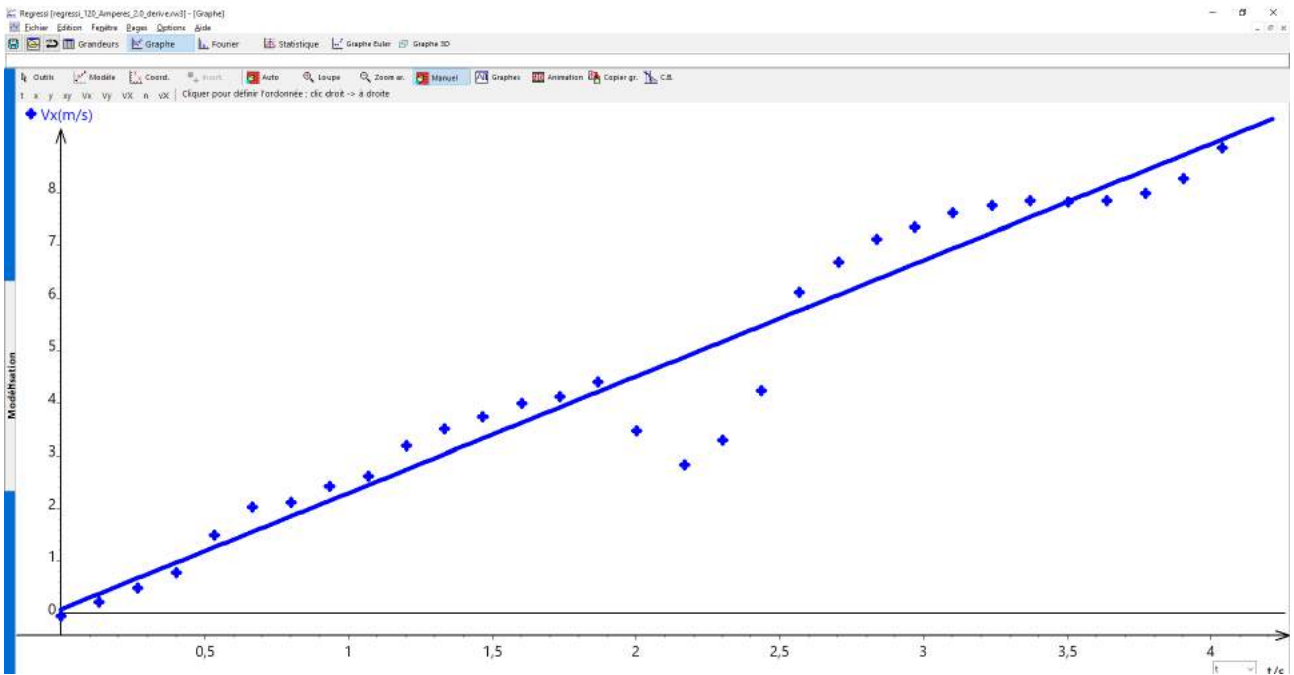
- L'objet dont on mesure la vitesse de rotation
- un repère de couleur
- une caméra grande vitesse
- un logiciel de décomposition de vidéos en images

On filme le moteur en vitesse maximale puis on converti la vidéo en une suite d'images. On compte grâce au repère le nombre d'images qui est capturé pour un tour complet, puis on divise le nombre d'images par les FPS (frame per second, (nombre d'images en français)). On obtient une mesure en rotations par seconde.

L'accélération

Pour calculer l'accélération de notre karting nous avons utilisé le logiciel AviMeca, qui permet de décomposer image par une image une vidéo et, de plus de pouvoir pointer une position sur cette vidéo en fonction du temps. Au préalable il faut définir une échelle de taille sur la vidéo. Pour ce faire, il nous a fallu placer un mètre de deux mètres sur le sol ou allait passer le karting. Nous avons donc tout simplement indiqué au logiciel que, entre les extrémités du mètre il y avait deux mètres . Par la suite nous reportons nos résultats dans un tableur grapheur qui nous permet de tracer le graphique de l'évolution de la distance en fonction du temps. A l'aide d'un drone, nous avons pu filmer l'évolution du karting sur une certaine distance.

Tout d'abord, une différence majeure est notable. C'est le fait que, avec le moteur de 110 Ampères il nous faut donner une légère impulsion au karting pour que celui-ci puisse démarrer (sinon, faute de couple au démarrage, il « cale »). Cette impulsion est donnée en le poussant légèrement (2-3 km/h). En comparaison, notre nouveau moteur de 120 Ampères qui a assez de couples pour permettre un démarrage autonome. Donc bien que nous ayons vu précédemment que la vitesse de rotation sans charge de ces deux moteurs est proche, mais leur couple est lui très différent.

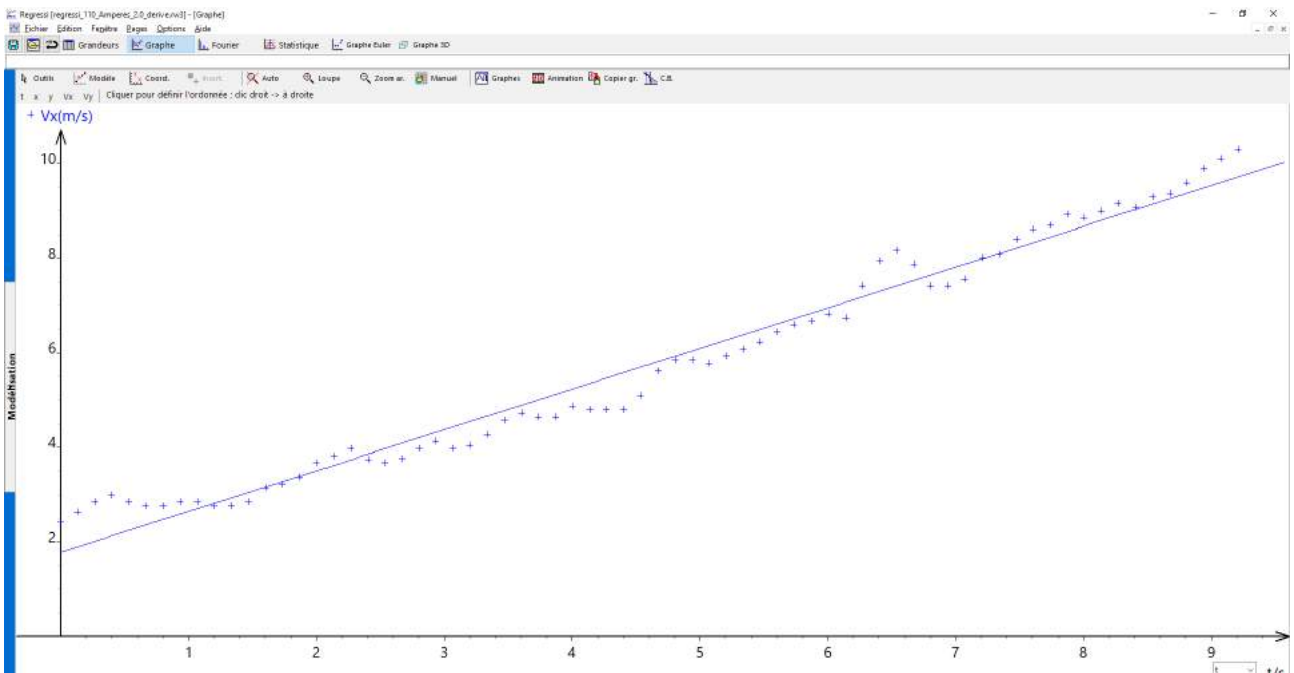


Courbe de l'accélération du kart en m/s en fonction du temps en seconde pour le moteur de 120 A

On remarque ici très clairement l'évolution croissante, nette et rapide de la vitesse du kart, celle-ci s'est rapidement stabilisée autour des 10 m/s pour augmenter bien moins rapidement par la suite.

Les incertitudes sont ici très importantes du fait que le logiciel AviMeca n'offre pas une qualité et une précision optimale pour pouvoir effectuer un pointage précis.

La modélisations d'une droite d'équation $V_x(t) = a \cdot t + b$ nous a permis d'obtenir un intervalle de confiance de 95%

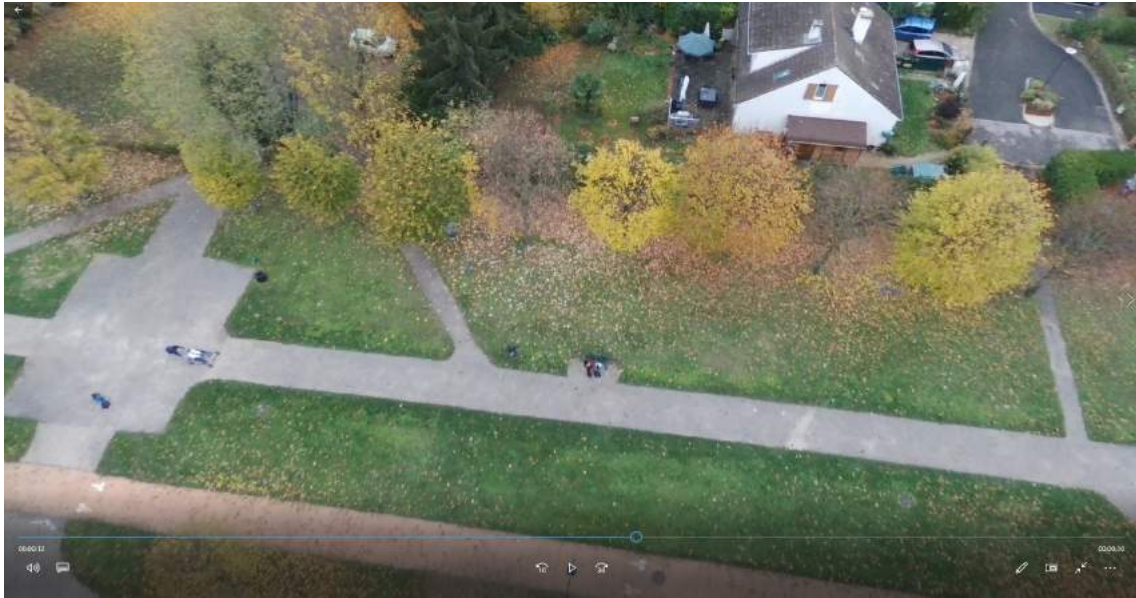


Courbe de l'accélération du kart en m/s en fonction du temps en seconde pour le moteur de 110 A

Ici, l'accélération est bien moins importante que celle du moteur de 120 A, mais elle

reste rapide et mène au final aussi à une stabilisation autour des 10 m/s. Comme dit plutôt, avec ce moteur, le kart ne peut démarrer seul, c'est pour cela que le nuage de point ne commence pas à l'origine du graphique. Les incertitudes nous donne ici aussi un intervalle de confiance de 95% .

Une accélération a pour unité les $m.s^{-2}$ car c'est le quotient de la vitesse par un temps ou la dérivée de la vitesse/le temps



Vue du drone lors du test d'accélération pour le moteur de 110 A

La vitesse maximale

Quand un véhicule est conçu, souvent la première question qui se pose est : « A quelle vitesse va-t-il? ». Pour notre karting, c'est une question qui a évolué au fur et à mesure de son développement. Au début, avec nos premières batteries qui étaient au plomb (4 batteries de voiture récupérées pour un poids total de 24 kilogrammes). Nous avons atteint les 23 km/h. Et à l'époque nous n'avions que le moteur de 110 A

Aujourd'hui les performances sont bien meilleurs ! Grâce à l'achat de batteries aux lithium qui sont 20 fois plus légères que les précédentes et sont plus puissantes. Nous avons effectué différents tests pour connaître cette fameuse vitesse max.

Pour le moteur de 110 Ampères, nous avons un grand nombre de mesures diverses et variées car nous l'avons depuis un certain temps, la personne la plus légère l'ayant essayée a atteint les 45 km/h . De notre côté nous avons effectué des calculs précis avec la méthode du GPS, la méthode de la formule $V=d/t$, nous aurions aussi pu utiliser une méthode avec deux lasers placés aux extrémités d'une piste (à une distance connue). Selon cette méthode, lorsque le kart coupe le premier laser on paramètre le déclenchement parfait d'un chronomètre et, lorsque le second laser sera coupé, cela arrêtera le chronomètre.



Distance sur laquelle nous avons effectués les tests de Vmax

Notre distance de référence est une mesure extraite à l'aide de Google earth. Celle-ci est de 103,5 mètres, nous avons placé des scotch aux extrémités pour être plus précis et bien connaître la ligne de départ et d'arrivée.

Pour mesurer le temps en seconde, nous utilisons le chronomètre de nos téléphones, nous ne pouvions pas effectuer ces tests plusieurs fois car sinon les batteries, étant de moins en moins pleines, auraient délivrées une moins grande puissance aux moteurs donc nos résultats auraient forcément été différents. Pour l'alternateur de 110 Ampères, avec un pilote de 69 kilos, nous avons pris 12,57 secondes pour parcourir les 103,5 mètres, sachant que c'est une mesure précise de la vitesse max car nous avons démarré avant la ligne de départ, pour pouvoir la passer avec une vitesse déjà conséquence.

$$\text{Nous avons donc : } V=d/t = 103,5/12,57 = 8,23 \text{ m/s} \\ = 8,23*3,6 \text{ km/h} = 30\text{km/h}$$

En prenant en compte les incertitudes nous avons : $U(d)$ = Google earth est précis à 99,9% , $U(t)$ = chronomètre précis à $\pm 0,1$ seconde près.

On a donc une incertitude de plus ou moins 0,100 m/s , soit 0,36 km/h .

$$U(v) = v \times \sqrt{\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(t)}{t}\right)^2} \\ = 8,23 \times \sqrt{\left(\frac{99,9}{103,5}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{12,57}\right)^2} \\ = 0,100$$

Sachant que nous avons remarqué après qu'une de nos batteries

calcul de l'incertitude de U(v)

étaient défectueuse, c'est ce qui explique la moins grande vitesse de pointe.

Le kart pèse a lui seul 25kg (incertitude balance = $\pm 0,004$ kg + incertitude humaine) et le pilote 69 kg (incertitude balance = $\pm 0,001$ kg)

On en déduit facilement l'énergie cinétique du karting à ce moment :

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2$$

$$= \frac{1}{2} (69+25) \cdot 8,23^2 = 1767,8 \text{ Joules}$$

L'énergie cinétique apporte avec elle un grand nombre d'incertitude dû aux incertitudes de masse et de vitesse. On calcul cette incertitude avec : $U(v) = 0,100$ et $U(m) =$ précision d'une balance à $\pm 0,1$ kilo près

On a donc une incertitude de plus ou moins 21,56 joules

$$U(E_c) = E_c \times \sqrt{\left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(v)}{v}\right)^2}$$

$$= 1767,8 \times \sqrt{\left(\frac{0,1}{94}\right)^2 + \left(\frac{0,100}{8,23}\right)^2}$$

$$= 21,56$$

calcul de l'incertitude de $U(E_c)$

En comparaisons, une Renault Clio 2 pesant 950 Kilos lancé à 30 km/h a une énergie cinétique de 32173 Joules. La masse joue donc énormément.

Pour avoir au moins une autre méthode de calcul, nous avons fait un autre test sur la même distance avec le même moteur mais avec un pilote de 60 kg. Nous avons utilisé une application GPS donnant la vitesse instantanée

Celle-ci nous indique une vitesse max atteinte de 34 km/h, sachant que le pilote était plus léger, cela est logique !



Capture de la mesure du GPS

Nous avons effectué les mêmes tests avec le moteur de 120 Ampères, nous avons essayé de reproduire le plus précisément possible les conditions des tests précédents. Comme nous nous en doutions, la vitesse maximale est proche entre les deux moteurs car notre contrôleur étant de 1500Watt alors la puissance développée ne peut pas être supérieur à celle-ci.

On a donc mesuré un temps sur 103,5 mètres avec le moteur de 120 Ampères. Ce temps, avec le pilote de 69kilos, fût de 11,9 secondes, on applique la même formule $V=d/t = 103,5/11,9 = 8,70 \text{ m/s} = 31,32 \text{ km/h}$

La vitesse est légèrement supérieur mais cela s'explique par les incertitudes dû au niveau de charge des batteries.

Nous avons donc deux moteurs presque similaire car ils sont tous les deux liés à notre

contrôleur de 1500 watt. Mais le moteur de 120 Ampères nous délivre plus de couples au démarrage. Les moteurs électriques ont de toute façon beaucoup de couple, pour l'anecdote, nous avons réussi à faire une montée de 22 degrés d'inclinaisons, avec le moteur de 110 Ampères. Certes le kart roulait à ~ 5km/h, mais le couple a été suffisant pour pouvoir atteindre cette vitesse.

De plus quand nous roulons, si nous accélérons de manière trop rapide (en appuyant tout de suite à fond sur la pédale), le moteur va « calé », nous retrouvons donc le même phénomène que sur notre moteur expérimentale, c'est à dire que si on augmente trop rapidement la fréquence, le champ magnétique tournant des bobines va dépasser le champ magnétique du rotor. Donc perdant l'adhérence magnétique. Il nous faut alors lâcher la pédale puis ré-appuyer légèrement dessus pour retrouver ce synchronisme entre les deux champs.

CONCLUSION

Ainsi notre projet a consisté à se pencher en profondeur sur le fonctionnement d'un alternateur de 110 ampères et ses performances. Pour étayer nos recherches sur les phénomènes physiques qui interviennent dans les moteurs et confronter ainsi la théorie avec la pratique nous avons comparé cet alternateur à un alternateur de 120 ampères. L'exploitation de ces résultats nous a permis de choisir le meilleur fonctionnement adéquate pour l'utilisation de notre karting approvisionné par la forme d'énergie l'électrique. Une suite possible serait de faire l'étude de puissance du moteur en charge et calculer ainsi le rendement de ce moteur. Ainsi nous pourrions mesurer le couple moteur en fonction de la vitesse de rotation.

Bibiliositographie

Documents papier :

- Physique Chimie Seconde. Hachette [livre], 1997. 398 p.
- ENS_MONTRouGE [document], 2019, (correspondant à l'édition de 1985).

Sites internet :

- G.&T. Ltée [en ligne], 2012, [consulté le 15 Novembre 2019]. Disponible sur : <http://www.moteur-pompe-g.t.ca/moteurs-électriques/moteurs-électriques-info/59-moteurs-électriques-2>
- tecnipass [en ligne], 2000, [consulté le 8 Novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.tecnipass.com/cours-électricité-courant.triphase-intro.puissance.tri?page=2>
- Schenider Electric [en ligne], 2018, [consulté le 8 Novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.se.com/fr/fr/fags/FA19820>
- Blogspot [en ligne], 2013, [consulté le 15 novembre 2019]. Disponible sur : <http://materiel-electronique.blogspot.com/2013/08/fonctionnement-dun-tachymetre-optique.html>
- STCD [en ligne], 2019, [consulté le 15 novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.stcd.ca/au-millieme-pres/vitesse-rotation-stroboscope>
- Industrie & Technologies [en ligne], 2016, [consulté le 8 Novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.insustrie-techno.com/article/les-secrets-des-moteurs-des-voitures-electriques.42249>
- Fihes-Auto [en ligne], 2019, [consulté le 29 Octobre 2019]. Disponible sur : www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto.s-730-fonctionnement-d-un-alternateur.php
- Epsich [en ligne], [consulté le 6 Novembre 2019]. Disponible sur : <http://www.epsic.ch/Branches/electrotechnique/theorie/puissance/100.html>
- Tchangly21 [en ligne], 2010. Disponible sur Youtube.