

UNIVERSITE PARIS XIII

I.U.T. DE VILLETANEUSE

DÉPARTEMENT G.E.I.I.

13/03/2022 -- 03/06/2022

JAFSAIS Noumane

HECHMI Hazem

BUT GEII TP INFO C

Projet Vélo Électrique

Réalisation d'un variateur de vitesse



SOMMAIRE

Organisation du projet	2
Séance 1 : Recherche concernant la motorisation	2
I. Introduction.....	2
II. Moteur à courant continu	2
1/ Constitution.....	2
2/ Relations.....	3
3/ Moteurs particuliers	5
4/ Diverses	5
III. Variateur de vitesse (hacheur)	6
Séance 2 : Recherche concernant la motorisation et son association avec le hacheur	9
II. Identification des paramètres d'un moteur à courant continu.....	9
III. Etude du moteur seul	12
IV. Elaboration du rapport cyclique du hacheur	13
V. Etude du montage complet	14
Séance 3 : Essai de la commande du hacheur	16
I. Calcul des composants.....	16
II. Essais	16
Séance 4 : Calcul des dissipateurs	19
III. Etude du montage	19
Conclusion	21

Organisation du projet

		mars 2022				avril 2022				mai 2022				juin 2022
Nom	Date de début	Semaine 10	Semaine 11	Semaine 12	Semaine 13	Semaine 14	Semaine 15	Semaine 16	Semaine 17	Semaine 18	Semaine 19	Semaine 20	Semaine 21	Semaine 22
Séance 1	07/03/2022													
Organisation du projet	07/03/2022													
Recherche : Moteur à courant continu	07/03/2022													
Variateur de vitesse (Hacheur)	07/03/2022													
Séance 2	24/03/2022													
Mesure des grandeurs électriques	24/03/2022													
Identification des paramè...	24/03/2022													
Simulation sur PSpice	24/03/2022													
Séance 3	12/04/2022													
Essai de la commande du hacheur	12/04/2022													
Séance 4	19/05/2022													
Simulation pour le calcul des dissipations	19/05/2022													
Etude du montage	25/05/2022													
Finalisation du compte rendu	30/05/2022													
SOUTENANCE	03/06/2022													

Séance 1 : Recherche concernant la motorisation

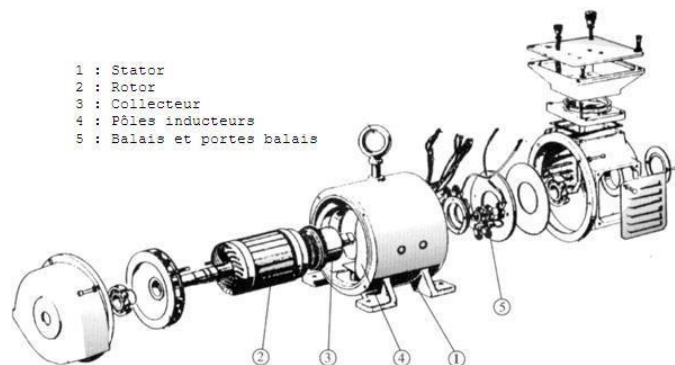
I. Introduction

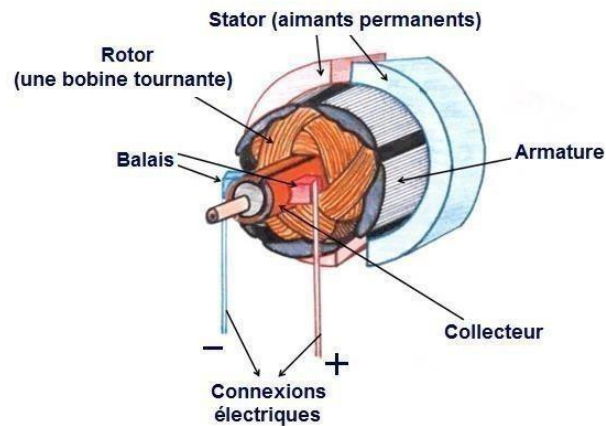
Notre réalisation pratique consistera à réaliser un variateur de vitesse pour un moteur à courant continu. Dans la première partie, nous allons étudier le moteur à courant continu puis le variateur de vitesse. Notre support d'étude sera le vélo à assistance électrique.

II. Moteur à courant continu

1/ Constitution

1.1 °) Donnez une photographie ou une vue éclatée d'un moteur à courant continu, sur la laquelle vous ferez apparaître ses différents constituants.





1.2 °) Expliquer le fonctionnement des éléments constituant le moteur ci-dessous.

-Stator -Rotor -Collecteur -Balais

Le **stator** d'un moteur à courant continu est la partie fixe du moteur (statique = qui ne bouge pas).

Le **rotor** est la partie en rotation du moteur. C'est lui qui tourne. Il est constitué du bobinage induit. Il faut alimenter cette bobine pour la transformer en électroaimant qui entrera en interaction avec le stator.

Le **collecteur** est un interrupteur tournant qui assure la distribution du courant dans l'induit. Le collecteur permet d'inverser le sens du courant dans chaque groupe de spires de l'induit lors du passage dans le plan neutre.

Le **balai** est un contact mécanique glissant qui transmet le courant électrique entre la partie tournante d'une machine et son circuit extérieur fixe.

2/ Relations

2.1 °) Donnez une relation liant le couple du moteur au courant d'induit du moteur.

La relation qui relie le couple du moteur au courant d'induit du moteur est :

$$C = k \times \Phi \times I$$

Avec :

C : Couple en Newton mètre (N.m)

I : Courant en Ampère (A)

Φ : Flux en Webers (Wb)

k : Constante propre au moteur (dépendant du nombre de conducteurs de l'induit)

2.2°) Donnez une relation liant la vitesse du moteur à la tension d'induit du moteur.

La relation qui relie la vitesse du moteur à la tension d'induit du moteur :

$$E = k \times \Phi \times \omega$$

Avec :

E : Force électromotrice en Volt (V)

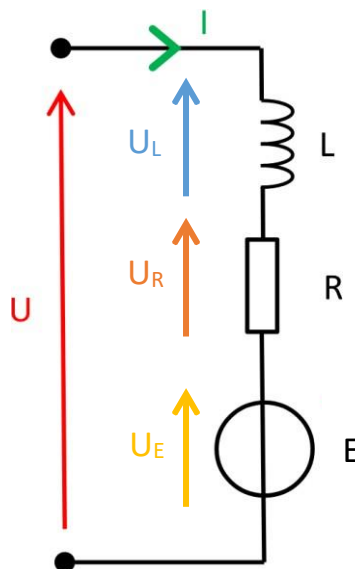
ω : Vitesse de rotation en Radian/seconde (rad.s^{-1})

Φ : Flux en Webers (Wb)

k : Constante propre au moteur (dépendant du nombre de conducteurs de l'induit)

2.3°) Dessinez un schéma équivalent du moteur à courant continu où figure une source de tension, une résistance, et une inductance.

Schéma équivalent du moteur à courant continu :



2.4°) Écrire l'équation différentielle du courant du schéma de la question 2.3°).

On utilise la loi des mailles :

$$U - U_L - U_R - U_E = 0$$

$$U = U_L + U_R + U_E$$

$$U = E + R \times i + L \times \frac{di}{dt}$$

L'équation différentielle du courant du schéma équivalent est :

$$U(t) = E(t) + R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

2.5°) Que vaut la vitesse du moteur au démarrage (à $t=0$) ?

La vitesse du moteur au démarrage (à $t=0$) est nulle.

2.6°) Que vaut le courant du moteur au démarrage (à $t=0$) ?

Le courant du moteur au démarrage (à $t=0$) est nul.

2.7°) à partir des questions précédentes, donnez le nom de l'élément qui limite le courant au démarrage ?

Le nom de l'élément qui limite le courant au démarrage est la résistance.

2.8°) Sachant que l'on veut limiter les pertes Joules, que peut-on dire sur le courant de démarrage ?

Il faut que le courant au démarrage doit être aussi limité.

3/ Moteurs particuliers

3.1°) Expliquez, en vous aidant de photographies ; les spécificités des moteurs suivants :

-Moteur à rotor plat

-Moteur à rotor cloche



Un moteur à rotor plat est un moteur à pistons dans lequel les cylindres et pistons sont sur un même plan. Le moteur à rotor plat fonctionne comme un moteur classique sans collecteur mais avec des pôles magnétiques nord et sud.



Le moteur à rotor cloche fonctionne comme un moteur à courant continu. Elle a une fiable consommation. Ce moteur sans fer possède un bobinage en forme de cloche qui tourne dans le champ d'un aimant.

4/ Diverses

4.1°) Quelles sont les trois types de machines qui concurrencent la machine à courant continu ?

Les trois types de machines qui concurrencent la machine à courant continu sont le moteur asynchrone, le moteur synchrone et le moteur à réluctance variable.

4.2 °) à partir de quelle année la machine à courant continu a vu le nombre de ses applications diminuer ?

A partir des années 2000, la machine à courant continu a vu le nombre de ses applications diminuer.

4.3 °) Quelle est la cause qui a provoqué la diminution des applications de la machine à courant continu ?

La cause qui a provoqué la diminution des applications de la machine à courant continu est l'arrivée des moteurs asynchrones car ces moteurs sont beaucoup plus rentables.

4.4 °) Citez deux applications où la machine à courant continu est encore utilisée.

La machine à courant continu est encore utilisée dans les appareils électroménagers, les voitures électriques et dans d'autres équipements.

4.5 °) Citez trois applications où la machine à courant continu a perdu sa position dominante.

La machine courant continu a perdu sa position dominante dans les applications de tractions de puissances, dans les applications de robotique et de machines-outils ainsi que dans l'industrie d'une façon.

4.6 °) Citez les avantages et les inconvénients de la machine à courant continu.

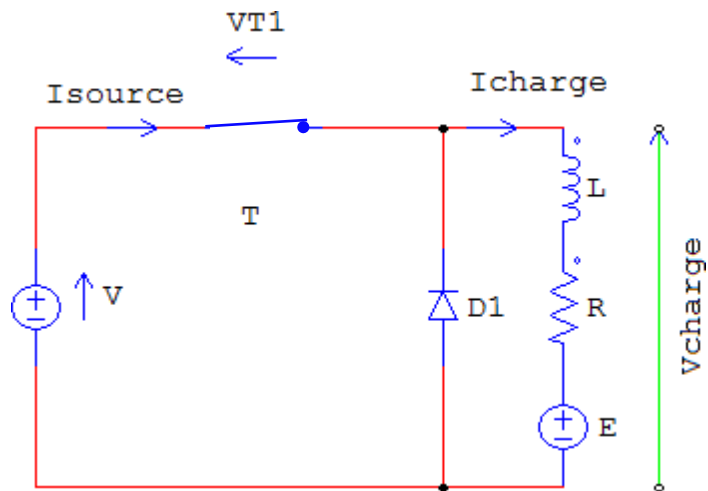
Les avantages et les inconvénients du moteur à courant continu

Le moteur à courant continu	
Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Le cout- Capacité qu'il offre à régler facilement sa vitesse- Temps de démarrage minimal	<ul style="list-style-type: none">- Collecteur (la pression de contact entre le balai et le collecteur doit être importante)- Démarrage brutal- Ruptures de contact qui peuvent provoquer des arcs électriques à chaque commutation

III. Variateur de vitesse (hacheur)

a) Etude de 0 à αT

1 °) Redessinez le schéma du montage correspondant à l'intervalle d'étude.



2°) Donnez les valeurs de la tension de charge et de la tension aux bornes du transistor U_{T1} .

La tension de la charge est égale à V_{charge} et la tension aux bornes du transistor est égale U_{T1} est égale à 0.

3°) Donnez l'équation différentielle du courant dans la charge.

Pour $0 \leq t < \alpha T$, l'interrupteur VT1 est fermé, la diode D1 est bloquée (interrupteur ouvert).

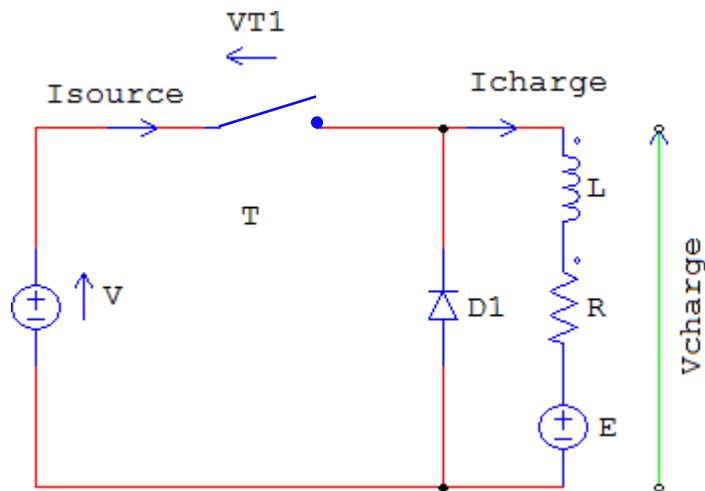
$$V - V_{T1} - U_L - U_R - E = 0$$

$$V = U_{T1} + U_L + U_R + E$$

$$V = U_{T1} + L \cdot \frac{di}{dt} + Ri + E$$

b) Étude de αT à T

1°) Redessinez le schéma du montage correspondant à l'intervalle d'étude.



2°) Donnez les valeurs de la tension de charge et de la tension aux bornes du transistor U_{t1} .

La tension de la charge est égale à 0 et la tension aux bornes du transistor est égale U_{t1} est égale à V .

3°) Donnez l'équation différentielle du courant dans la charge.

Pour $\alpha T \leq t < T$, l'interrupteur VT1 est ouvert, la diode D1 est passante (interrupteur fermé).

$$U_{D1} - U_L - U_R - E = 0$$

$$U_{D1} = U_L + U_R + E$$

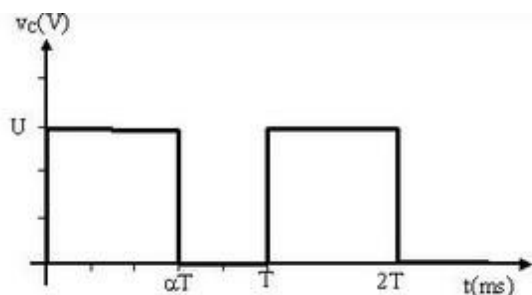
$$U_{D1} = L \cdot \frac{di}{dt} + Ri + E$$

c) 2 périodes

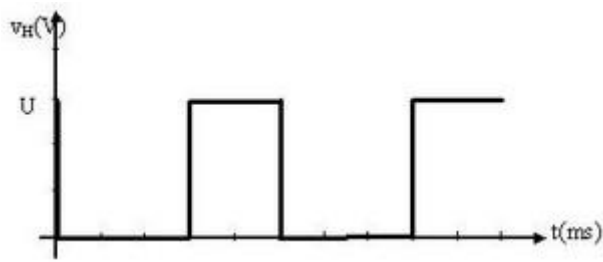
Dessinez sur 2 périodes la tension aux bornes de la charge, la tension aux bornes du transistor T1 et le courant traversant la charge.

Sur 2 périodes :

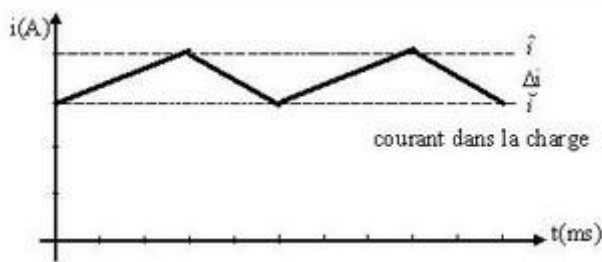
La tension aux bornes de la charge :



La tension aux bornes du transistor T1 :



La courant traversant la charge :



1°) Donnez l'expression de la tension moyenne aux bornes de la charge.

L'expression de la tension moyenne aux bornes de la charge :

$$\langle U_m(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T U_m(t) dt$$

2°) Donnez l'expression du courant moyenne dans la charge en fonction de I_{max} et I_{min} .

L'expression du courant moyenne dans de la charge en fonction de I_{max} et I_{min} :

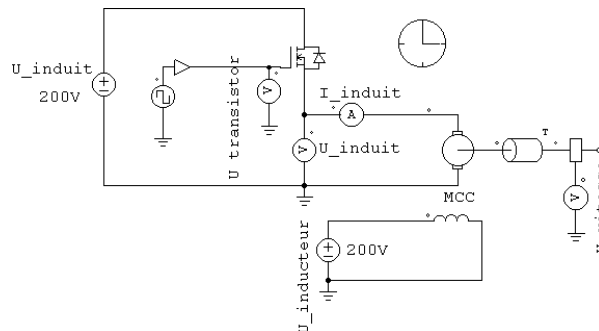
$$\langle U_m(t) \rangle = \frac{1}{T} (T \times I_{min} + T) \times (IM - \frac{I_{min}}{2}) = \frac{IM - I_{min}}{2}$$

Séance 2 : Recherche concernant la motorisation et son association avec le hacheur

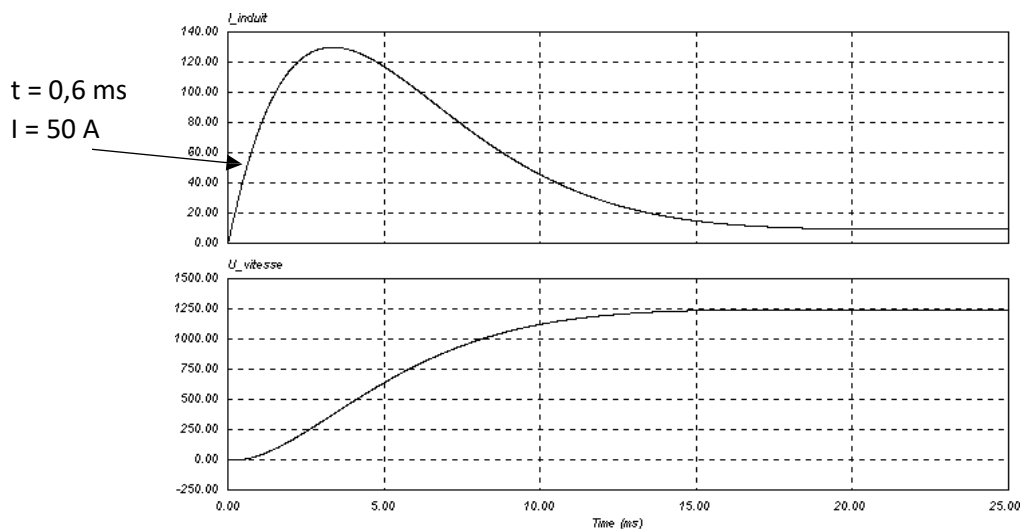
II. Identification des paramètres d'un moteur à courant continu

Pour identifier les paramètres d'un moteur à courant continu, nous utiliserons les 4 équations suivantes :

- ❶ $U = R \cdot I + L \frac{dI}{dt} + E$ équation n°1 : équation électrique d'induit
- ❷ $J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = C_M - f \cdot \Omega - C_0$ équation n°2 : principe fondamentale de la dynamique
- ❸ $E = K_E \cdot \Omega$ équation n°3 : équation électrique d'induit
- ❹ $C_M = K_E \cdot I$ équation n°3 : équation électrique d'induit



➤ Détermination de l'inductance (L)



La vitesse du moteur au démarrage (à $t=0$) vaut 0.

Le courant du moteur au démarrage (à $t=0$) vaut 0.

$$\text{❶ } U = R \cdot I + L \frac{dI}{dt} + E \quad \xrightarrow{\text{à } t=0} \quad U = L \frac{dI}{dt}$$

Or, pour t proche de 0, le courant est représenté par une fonction linéaire de coefficient : $\frac{dI}{dt}(0) = \frac{50}{0,6 \times 10^{-3}} = \frac{250\,000}{3} \approx 83\,333,33$

À $t=0$, U vaut 200 V (Figure ...)

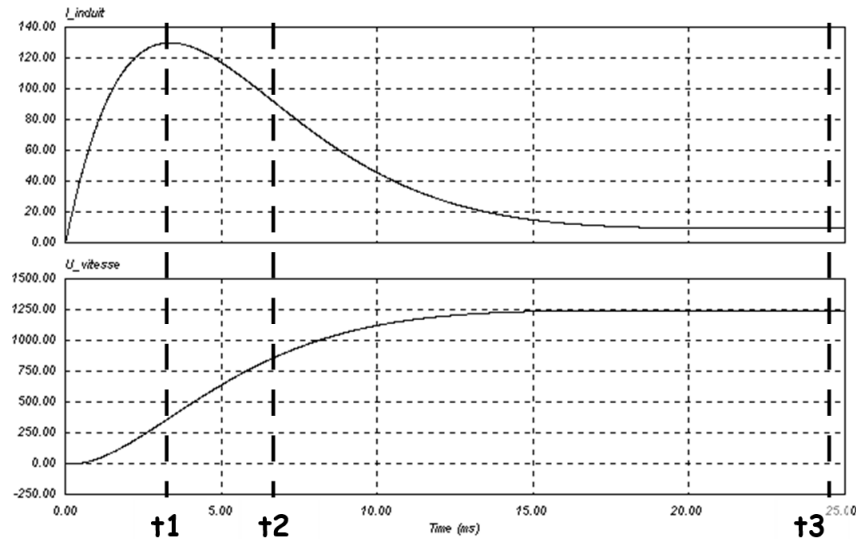
$$U = L \frac{d}{dt} - L = \frac{U}{\frac{dI}{dt}} = 200 \times \frac{0,6 \times 10^{-3}}{50} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

L'inductance L vaut $2,4 \times 10^{-3} \text{ H}$

➤ **Détermination de la résistance (R) et le coefficient de couple ou f.é.m.(K_E)**

$t_1 = 3,36 \text{ ms}$
 $I = 129,8 \text{ A}$
 $n = 374,3 \text{ tr/min}$

$t_2 = 6,72 \text{ ms}$
 $I = 90,96 \text{ A}$
 $n = 863,1 \text{ tr/min}$



$t_3 = 25 \text{ ms}$
 $I = 9,75 \text{ A}$
 $n = 1\,236 \text{ tr/min}$

$$\textcircled{1} \quad U = R \cdot I + L \frac{dI}{dt} + E \quad \xrightarrow{t=t_1} \quad U = R \times 129,8 + E(t_1)$$

Or, $\textcircled{3} \quad E = K_E \cdot \Omega(t_1)$

$$U = R \times 129,8 + K_E \cdot \Omega(t_1)$$

$$\text{Or, } \Omega(t_1) = \frac{2\pi}{60} \cdot N(t_1) = \frac{2\pi}{60} \times 374,3 \simeq 39,197 \text{ rad/s}$$

$$\text{Donc, } 200 = R \times 129,8 + K_E \times 39,197$$

$$\textcircled{1} \quad U = R \cdot I + L \frac{dI}{dt} + E \quad \xrightarrow{t=t_3} \quad U = R \times 9,75 + E(t_3)$$

Or, $\textcircled{3} \quad E = K_E \cdot \Omega(t_3)$

$$U = R \times 9,75 + K_E \cdot \Omega(t_3)$$

$$\text{Or, } \Omega(t_3) = \frac{2\pi}{60} \cdot N(t_3) = \frac{2\pi}{60} \times 1236 \simeq 129,43 \text{ rad/s}$$

$$\text{Donc, } 200 = R \times 9,75 + K_E \times 129,43$$

La force électromotrice f.é.m. vaut $K_E = 1,46 \text{ V/rad/s}$ et la résistance R vaut $R = 1,1 \Omega$

➤ **Détermination du couple de frottement sec (C_0)**

$$\textcircled{2} \quad J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = C_M - C_0$$

$$0 = C_M - C_0 \iff C_M = C_0 \quad \text{Or, } C_M = K_E \cdot I$$

Pour $t \geq t_3$, $C_M = 1,46 \times 9,75 \simeq 14,24 \text{ N.m}$

Le couple de frottement sec C_0 vaut $14,24 \text{ N.m}$

➤ **Détermination du moment d'inertie (J)**

$$\Delta t = 10^{-1} - 4,27 \times 10^{-2} = 5,73 \times 10^{-2}$$

$$\Delta \Omega = (4,64 \times 10^2 - 1,24 \times 10^3) \times \frac{2\pi}{60} = -776 \times \frac{2\pi}{60} \simeq -81,26$$

$$\frac{\Delta \Omega}{\Delta t} = \frac{-81,26}{5,73 \times 10^{-2}} = -1418,19$$

$$J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = C_M - C_0 \quad \text{---} \quad J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = -C_0$$

$$J = \frac{-C_0}{-1418,19} = \frac{-14,24}{-1418,19} = 0,01 \text{ Kg.m}^2$$

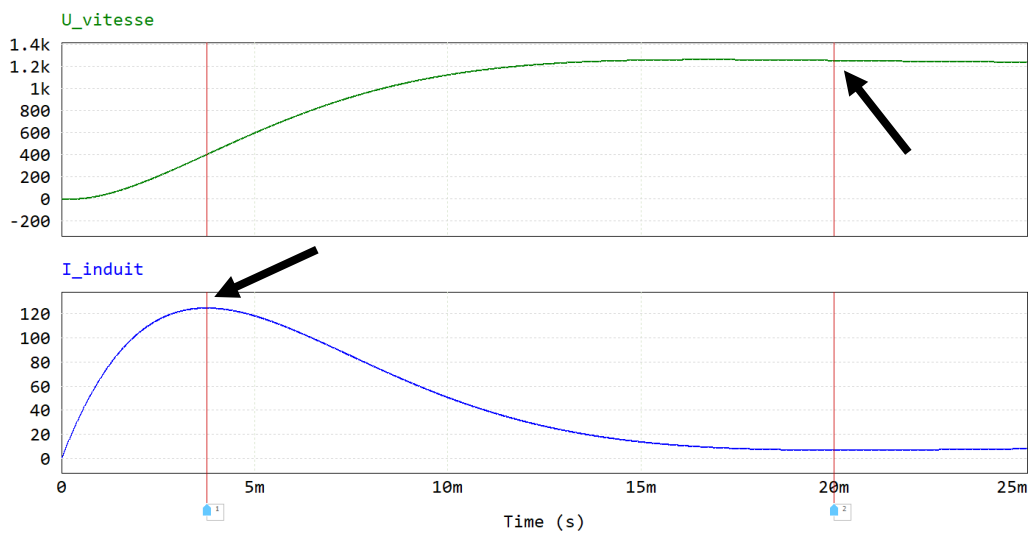
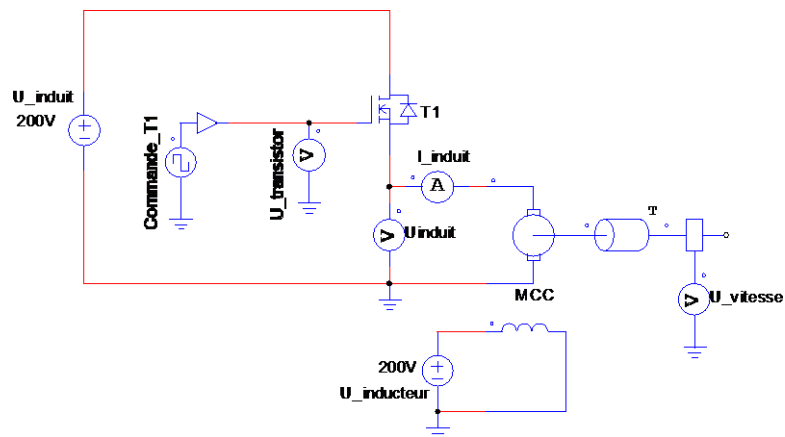
L'inertie vaut J vaut $0,01 \text{ Kg.m}^2$

➤ **Regroupez tous vos résultats dans un tableau**

L	R	K_E	J	C_0
$2,4 \times 10^{-3} \text{ H}$	$1,1 \Omega$	$1,46 \text{ V/rad/s}$	$0,01 \text{ Kg.m}^2$	$14,24 \text{ N.m}$

III. Etude du moteur seul

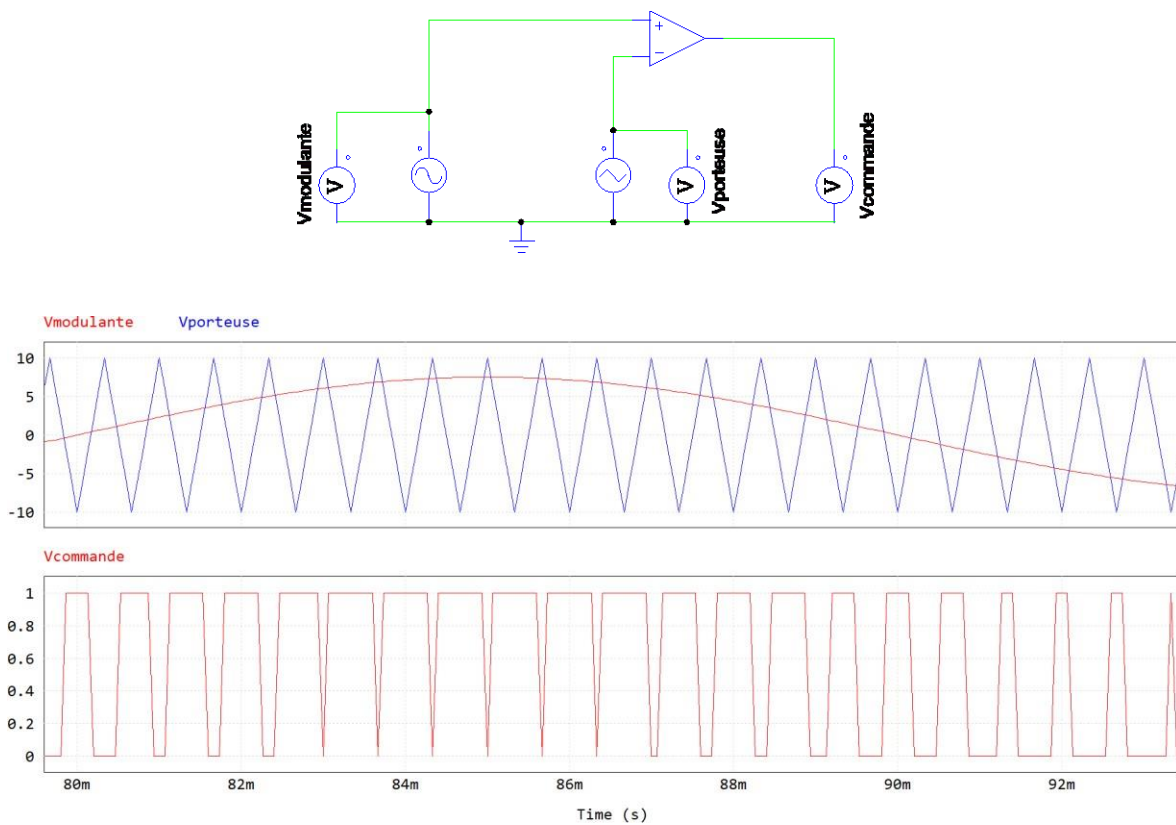
Nous réalisons ce montage et nous réglons selon les paramètres donnés.



	X1	X2
Temps	3,76 ms	20 ms
Vitesse de la machine	403,17 tr/min	1257,2 tr/min
Courant d'induit de la machine	125,06 A	7,20 A

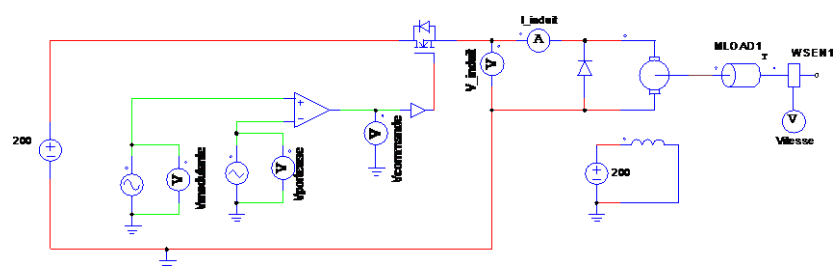
Les courbes mesurées correspondent aux courbes de l'identification.

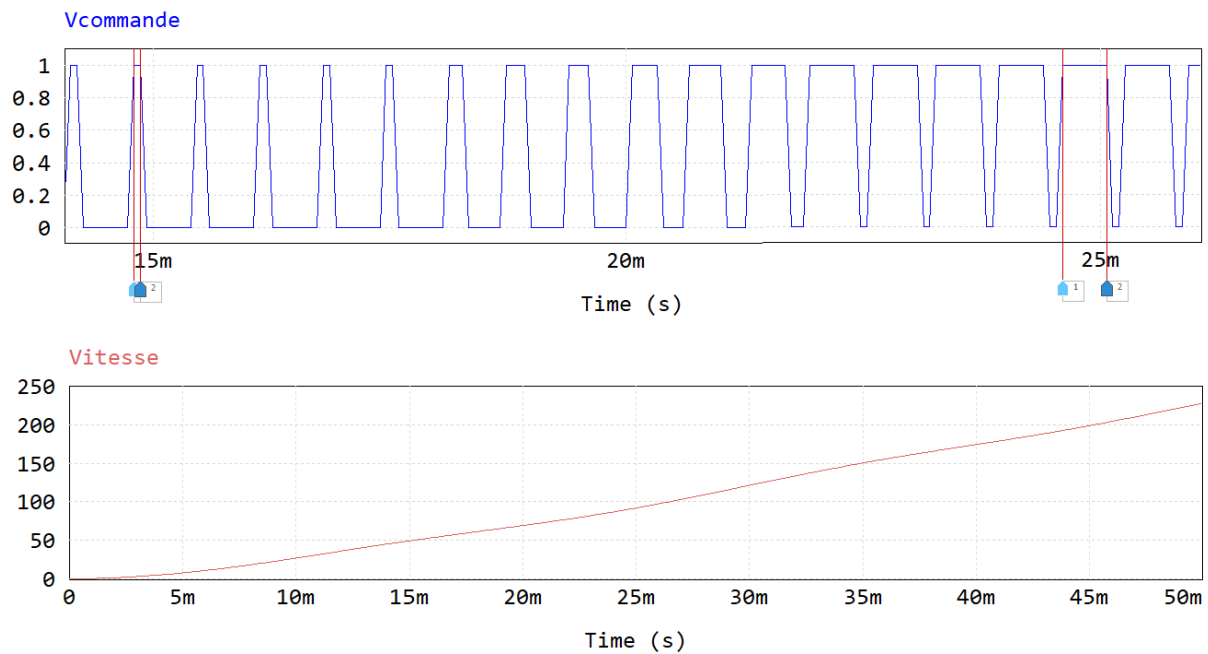
IV. Elaboration du rapport cyclique du hacheur



Le rapport cyclique évolue en fonction de la tension modulante, lorsque la tension modulante augmente, le rapport cyclique augmente et lorsque la tension modulante diminue, le rapport cyclique diminue également.

V. Etude du montage complet

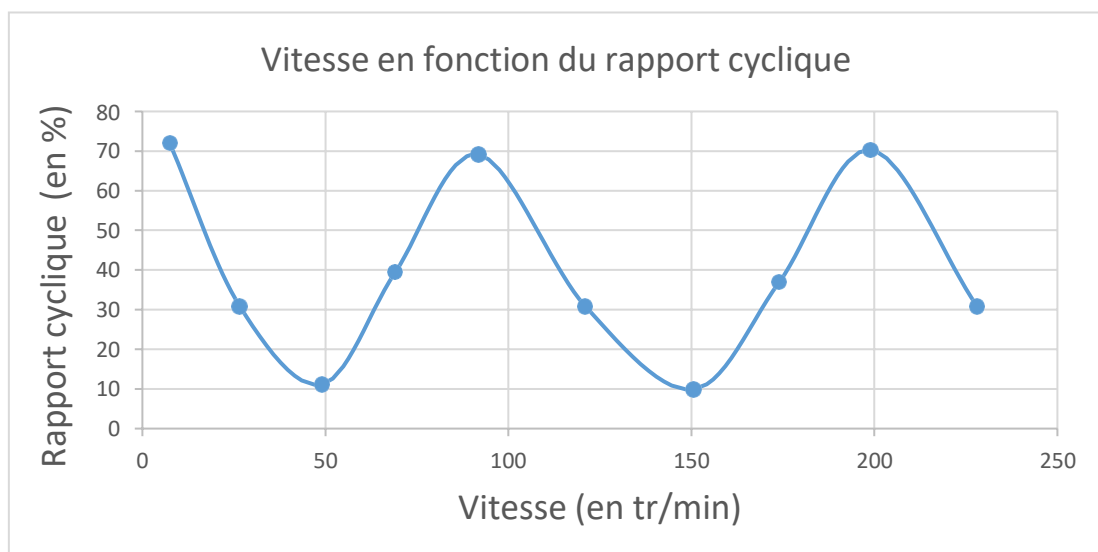




Calcul du rapport cyclique :

$$R_{cyc} = \frac{c}{T} = \frac{\text{largeur tension haut}}{\text{période}} = \frac{4,85 \times 10^{-4}}{6,74 \times 10^{-4}} = 0,719 \text{ soit environ } 71,96 \%$$

Vitesse (en tr/min)	7,48	26,6	49,05	69,1	91,8	121	150,5	174	199	228
Rapport cyclique (en %)	71,96	30,86	11,10	39,47	69,14	30,86	9,87	36,94	70,33	30,86

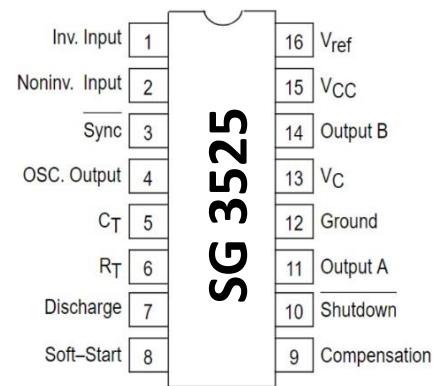
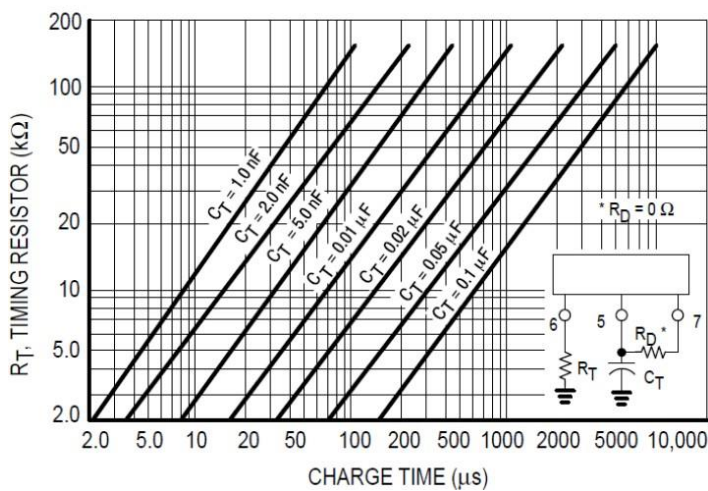


Le rapport cyclique de découpage varie sinusoïdalement sur la période de modulation.

Séance 3 : Essai de la commande du hacheur

I. Calcul des composants

Figure 1. Oscillator Charge Time versus R_T



2°) Nous voulons que notre hacheur fonctionne à 10kHz. Pour cela utilisez l'abaque ci-dessous pour trouver le couple de composants (R_T et C_T) sachant que R_D vaut zéro.

$$T = \frac{1}{f}$$

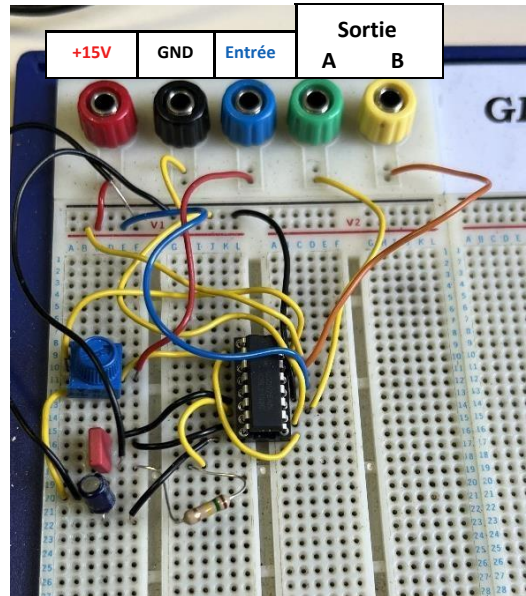
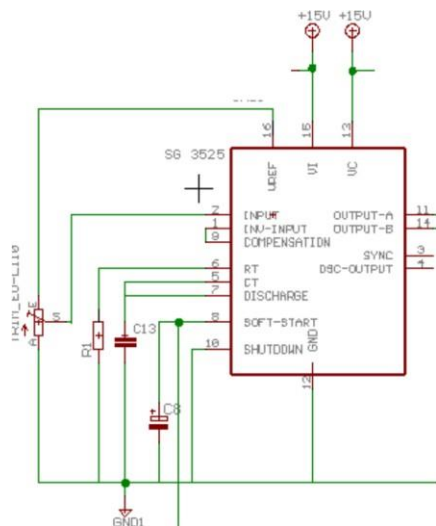
$$T = \frac{1}{10\,000}$$

$$T = 0,0001\,s \cong 100\,\mu s$$

On regarde sur le graphique et on observe que à 100 μs , $C_T = 1\,nF$ et $R_T = 150\,k\Omega$

II. Essais

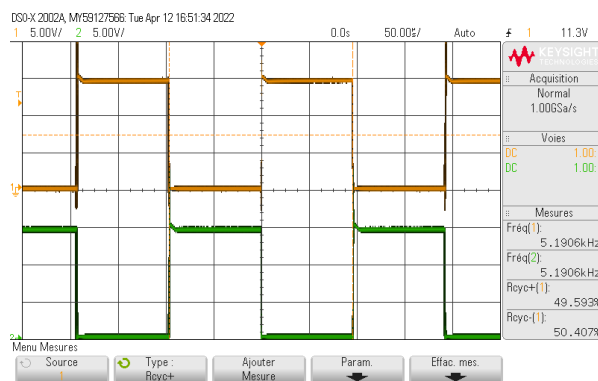
3°) Câblez sur vos plaquettes d'essais le montage ci-dessous.



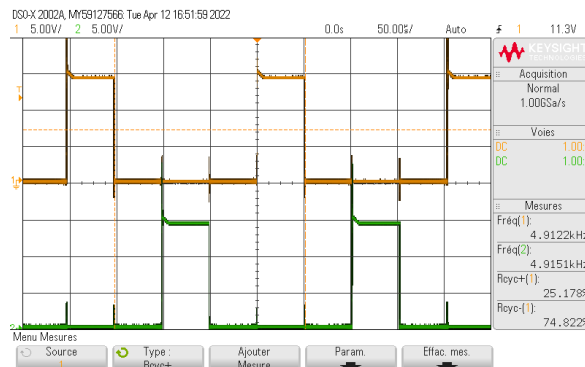
4°) Relevez les oscillogrammes des sorties A et B.

Nous relevons les oscillogrammes à différents rapports cycliques.

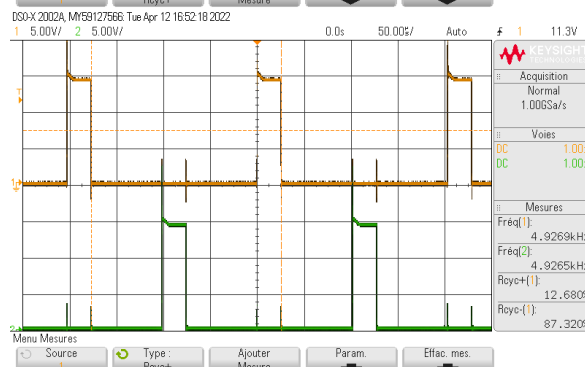
À 50% :



À 25% :



À 12,5% :



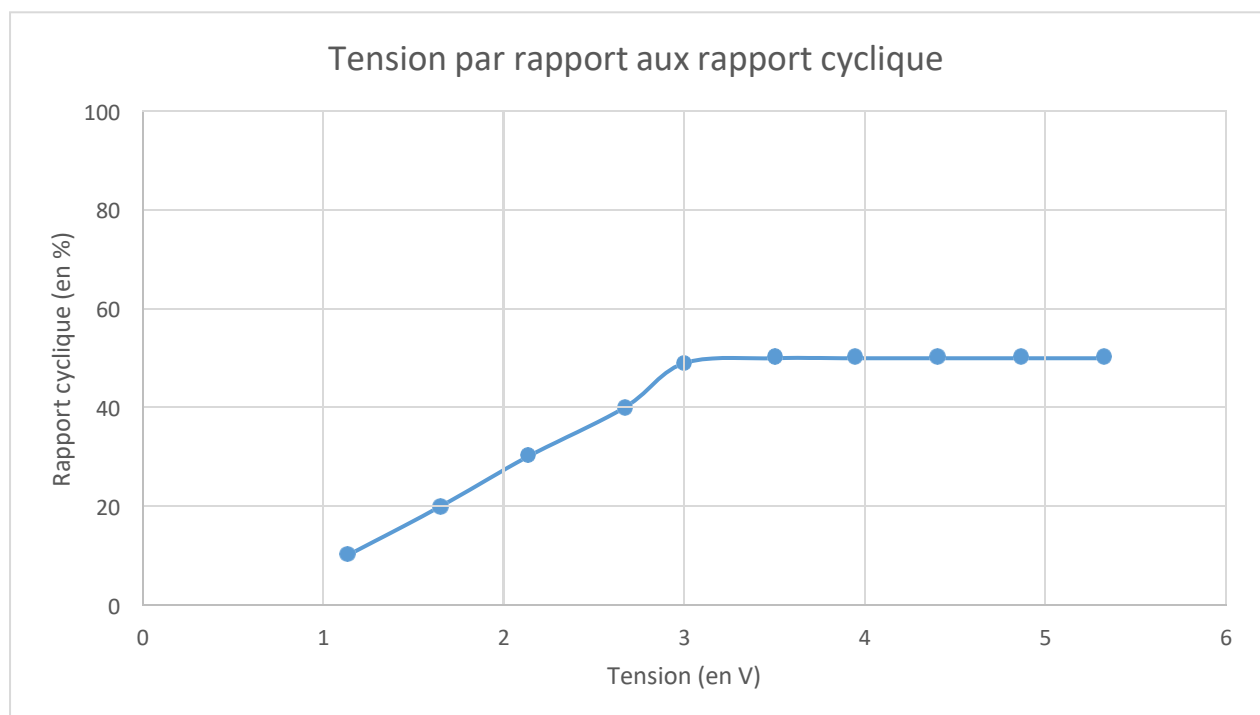
5°) Vérifiez la valeur de la fréquence, il nous faut 10kHz.

D'après les mesures de l'oscilloscope, on constate que la fréquence du premier signal et le second signal sont respectivement environ 5kHz chacun. Donc si on additionne les deux fréquences, nous obtenons bien 10kHz.

6°) Relevez dans un tableau la tension d'entrée (broche n°2) et le rapport cyclique de la sortie A (broche n°11)

Tension (en V)	1,13	1,65	2,13	2,67	3	3,5	3,94	4,4	4,86	5,32
Rapport cyclique (en %)	10	20	30	40	50	50	50	50	50	50

7°) Dessinez la courbe le rapport cyclique en fonction de la tension de commande



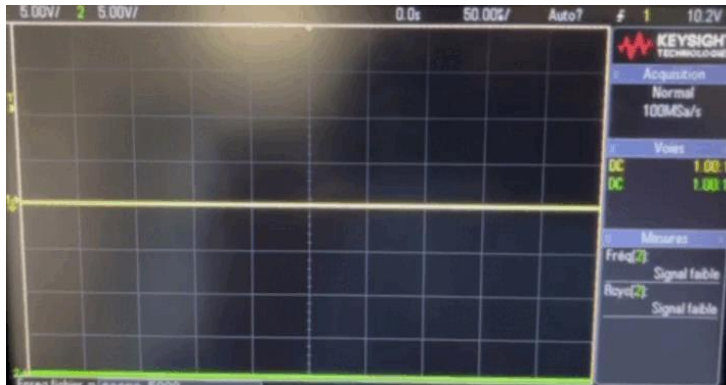
8°) Que pouvez dire de cette courbe ?

Le rapport augmente jusqu'à 50% et à partir de 50%, le rapport cyclique se stabilise.

9°) Donnez la valeur maximum du rapport cyclique.

La valeur maximum du rapport cyclique est d'environ 50%.

10°) Visualisez simultanément la sortie A et la sortie B, puis faites évoluer la tension de commande.








11°) Que constatez-vous ?

La courbe commence à évoluer et s'arrête quand la tension de commun passe à 7 V.

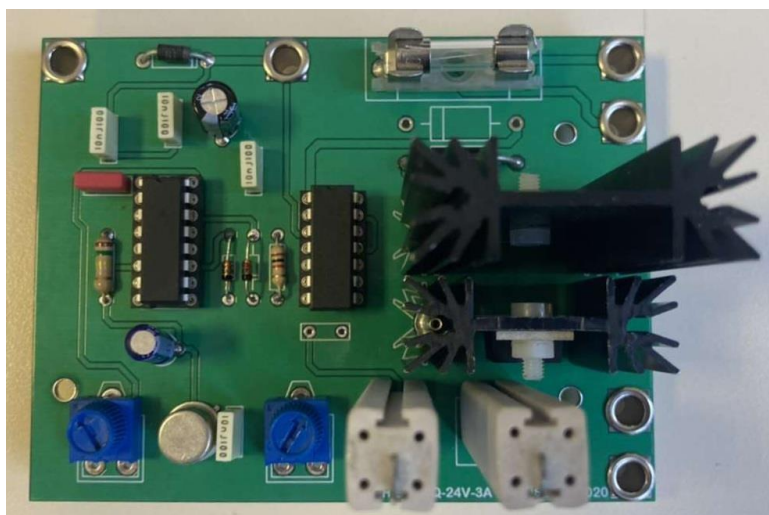
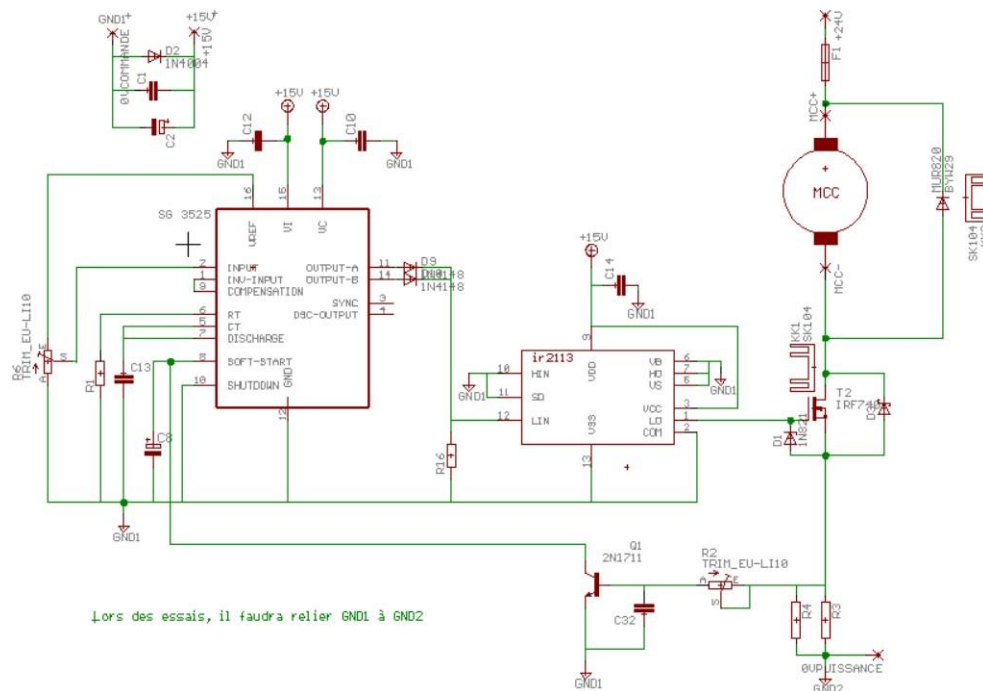
Séance 4 : Calcul des dissipateurs

III. Etude du montage

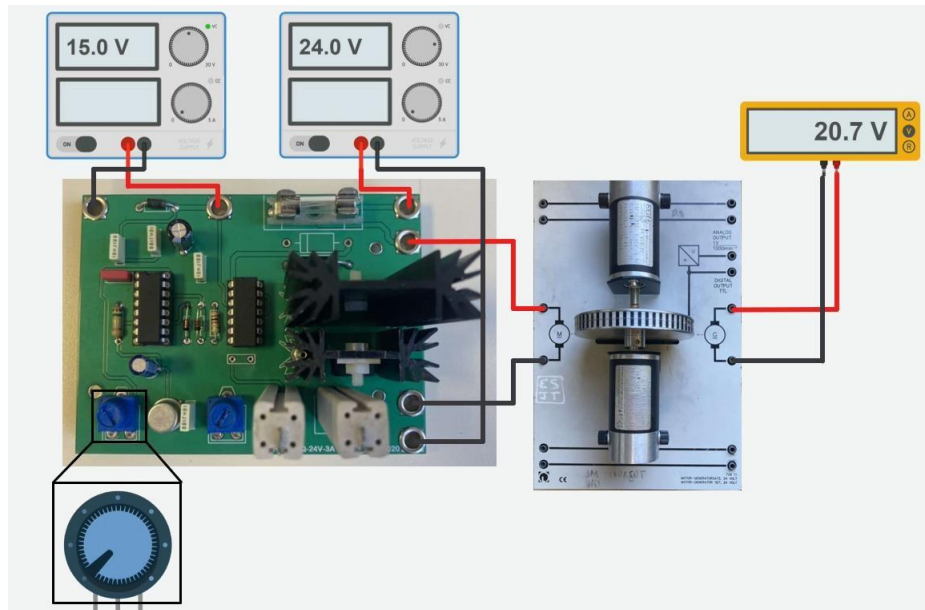
Composants		Rôles
Circuit intégré IR 2113		Permet de piloter haute fréquence des transistors
Diode 1N 821		Permettre aux courant de passer dans un sens
Transistor de puissance IRF 740		
Diode de roue libre MUR 880		Permet de trouver un chemin car le courant de l'inductance ne peut pas s'arrêter brutalement
Diode P6KE62A		Permet de supprimer les tensions transitoires

Les condensateurs vont servir à stocker l'électricité pour faciliter le démarrage du moteur. Le condensateur lisse la tension tout en servant de réserve d'énergie.

Nous réalisons le câblage ci-dessous sur un circuit imprimé.



Maintenant, nous alimentons et relierons le circuit au moteur à courant continu.



Nous alimentons les circuits intégrés et le moteur. Le premier potentiomètre sert à varier la vitesse du moteur et le second sert à limiter le courant. Nous mesurons la tension du moteur, elle varie de 0 V à 20,7 V.

Conclusion

Ce projet s'est révélé très productif. En effet, le respect des délais et le travail seront primordiaux pour le métier qu'on voudrait faire plus tard. De plus, ce projet nous a permis d'appliquer nos connaissances en électronique, en énergie, les câblages avec les composants électroniques. Nous avons également appris à faire de la soudure sur un circuit imprimé. Nous avons vraiment aimé réaliser ce projet et nous avons vraiment passé du temps dessus. ce type de projet nous permet de nous rapprocher à notre futur métier.