



Compte Rendu

Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications

Conversion d'énergie

TP2 : Hacheur 4 quadrants

2^{eme} Année

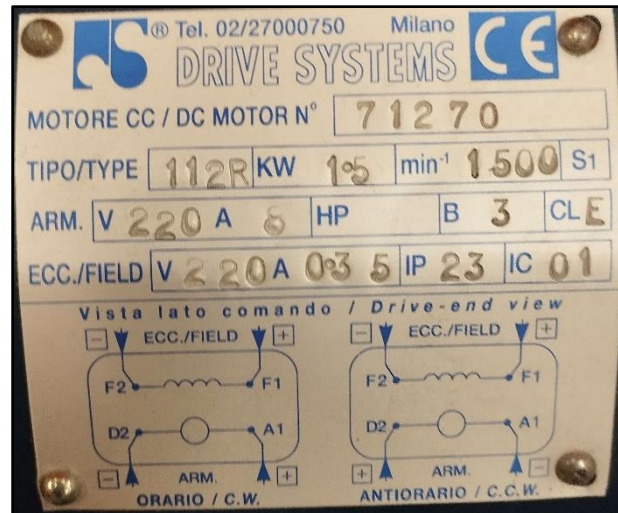
Année : 2023 - 2024

Camille Lanfredi

Rémi Weidle

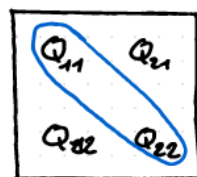
1. Réalisation du montage

Lors de l'étude de la machine à courant continu, nous relevons la caractérisation de la machine à courant continu. Nous observons que la tension requise pour couvrir l'ensemble de sa plage de vitesses nominale est de 220 volts. Cependant, nous devons prendre en compte une perte de 20% dans le système, la tension maintenue constante au cours de l'expérience est donc fixée à 264 volts. Cette mesure vise à prévenir les chutes de tension et les pertes d'énergie dans les câbles. Nous l'appliquons évidemment après avoir mis 220V sur l'excitation afin d'éviter tout emballement du moteur.

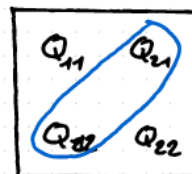


Caractéristiques de la machine à courant continu

Durant ce travail pratique, nous utilisons un hacheur 4 quadrants. Celui-ci commute comme tel à l'infini, avec Q chaque transistor du hacheur.

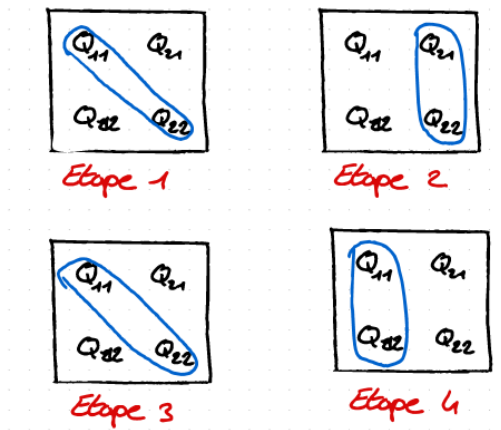


Etape 1

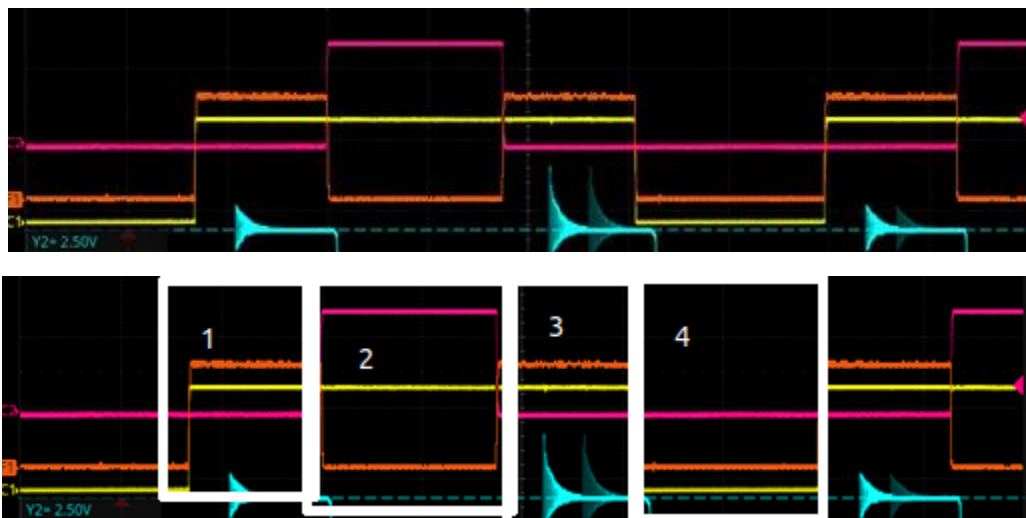


Etape 2

Cependant dans le TP le fonctionnement est plutôt comme tel :



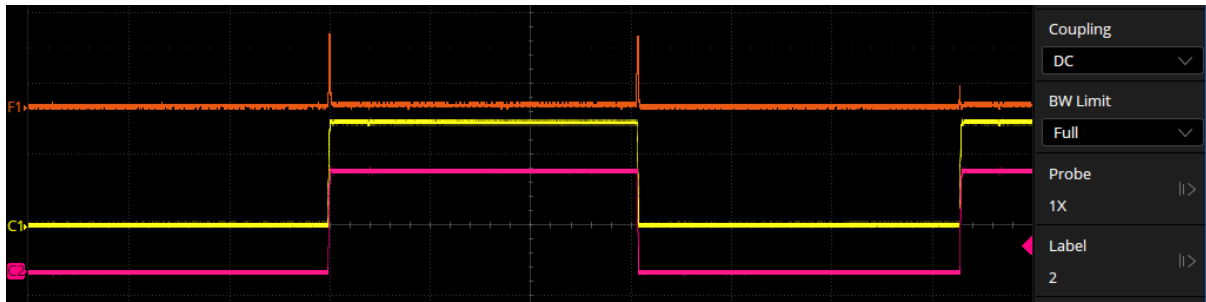
Avec ce type de fonctionnement on a bien notre excitation du moteur mais en étape 1 et 4 rien n'accélère le moteur. On va pouvoir le montrer dans la capture suivante avec en Rose le signal Deck et en jaune le signal Com. On s'affranchit d'afficher les inverses car c'est juste les courbes inversées. En Orange on a la commande qui arrive au moteur. La capture est en double pour plus de visibilité.



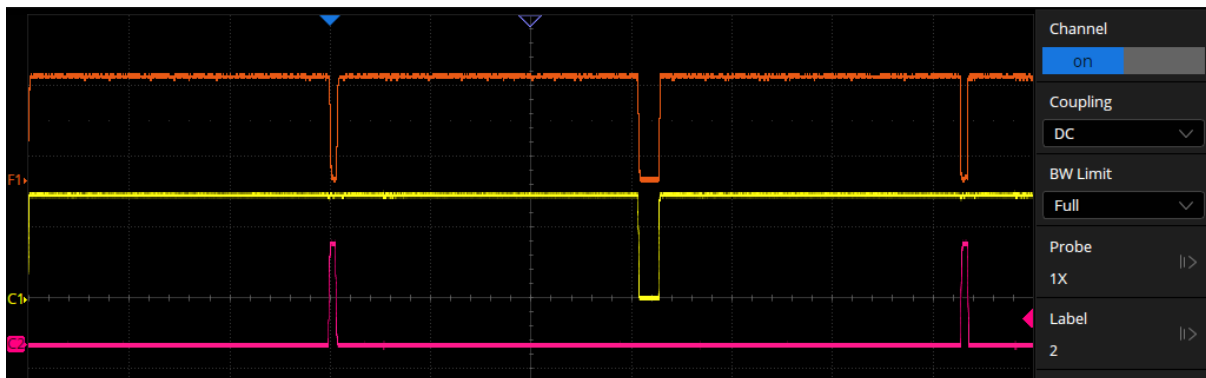
On remarque dans la capture suivante dans la Boite 1 que le signal COM est lancé mais pas Deck (C'est l'étape 1 du schéma) par conséquent le moteur va tourner. Lorsque Deck et Com sont lancés la commande retourne à zéro (Boite 2) puis on a de nouveau Com et pas Dec (Boite 3), puis rien (Boite 4) et ainsi de suite...

Par conséquent, le moteur tourne. Le rapport cyclique alpha que l'on modifie avec une résistance variable (potentiomètre rotatif) permet de changer la "Largeur de COM" ce qui modifie la "largeur" ou les deux commandes se chevauchent et donc si le moteur va vite ou lentement voir à l'arrêt.

C'est ainsi que l'on peut mettre le moteur à l'arrêt lorsque le chevauchement est total : on a $\alpha = 0.5$.

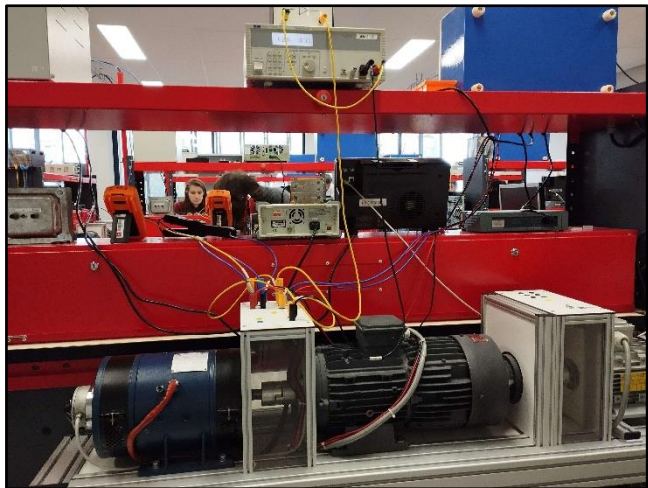
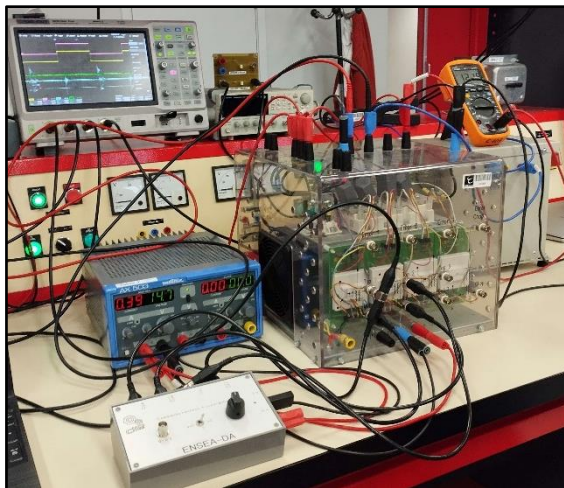


Cas où le moteur va très vite dans un sens horaire, $\alpha \approx 1$:



On peut ainsi bien voir l'allure des signaux de commande des transistors T11 et T22.

On réalise donc bien le montage tel quel :



Photos du câblage du système avec la tension de la commande interne

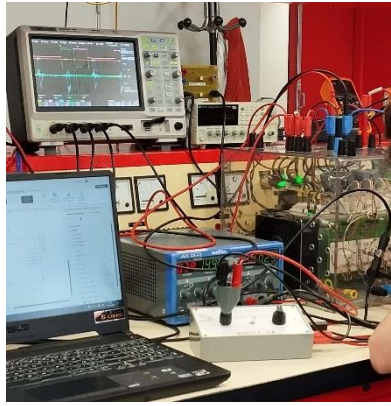
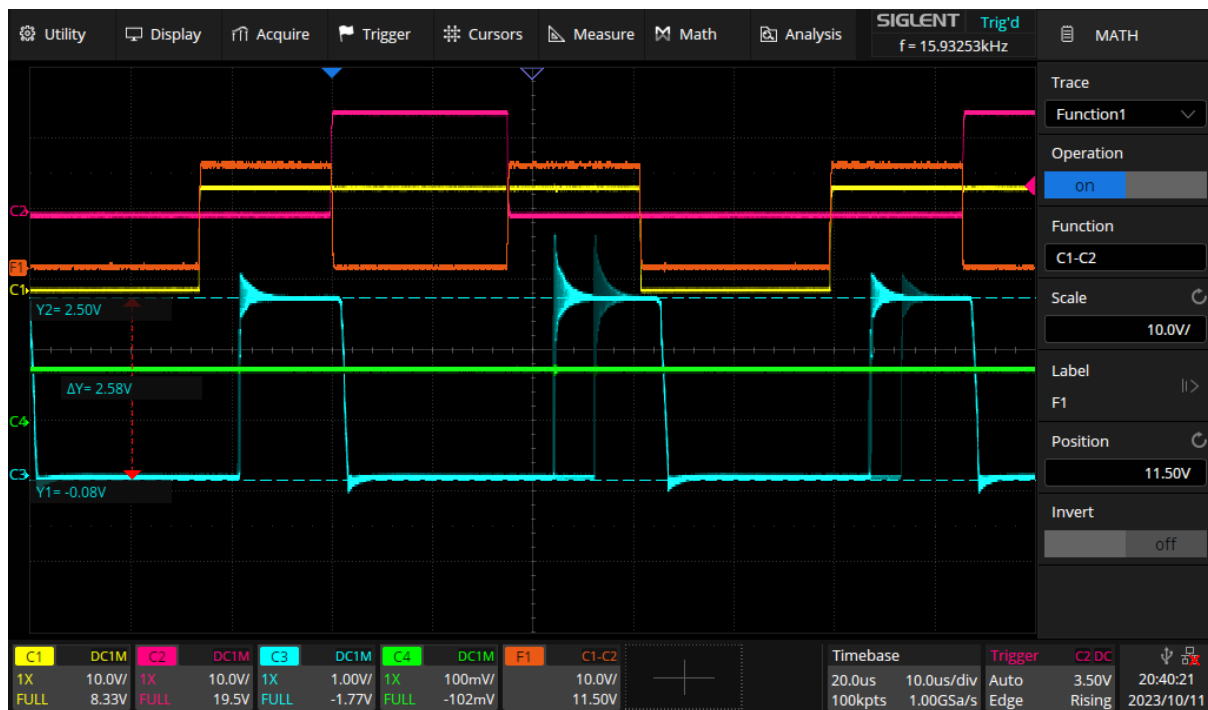


Photo du cablage du système avec la tension de la commande externe

Voici un schéma avec un alpha proche de 0.75 et l'ajout en bleu de la réponse du hacheur 4 quadrant qui correspond à la tension qui est envoyée au moteur :



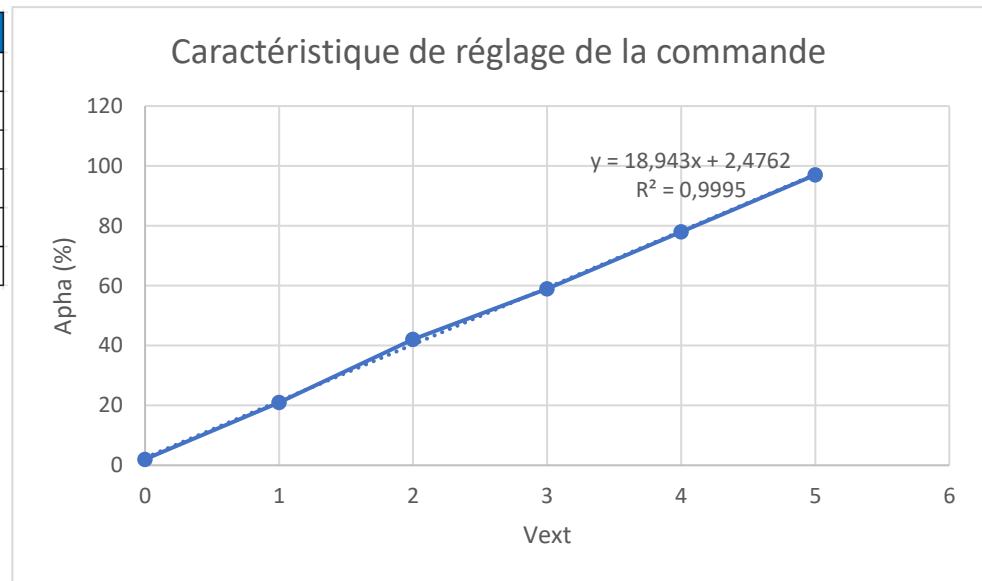
On remarque bien que la tension envoyée au moteur suit l'orange qui correspond à celle de la consigne. On remarque cependant un certain décalage qui est appelé temps mort. On le calcule à l'aide des curseurs dans la prochaine partie du TP.

L'allure de la tension imposée au moteur est un signal carré d'amplitude moyenne qui a pour expression :

$$V_{moteur} = (2 \alpha - 1) \times U_e$$

Pour conclure, nous allons tracer la caractéristique de réglage de cette commande en faisant varier le rapport cyclique en fonction de la tension de commande externe.

Vext (V)	Alpha
0	2
1	21
2	42
3	59
4	78
5	97



Le coefficient de régression linéaire est quasiment égal à 1. Cela signifie que le rapport cyclique est proportionnel à la tension externe de commande avec un rapport de 20%.

En résumé, le système fonctionne en moteur lorsque le rapport cyclique est compris entre $[0,5 ; 1]$ et en générateur entre $[0 ; 0,5]$. De plus, nous pouvons observer physiquement et théoriquement qu'il faut une tension de commande externe de 2.5V pour imposer l'arrêt du moteur.

2. Caractérisation « statique » du dispositif

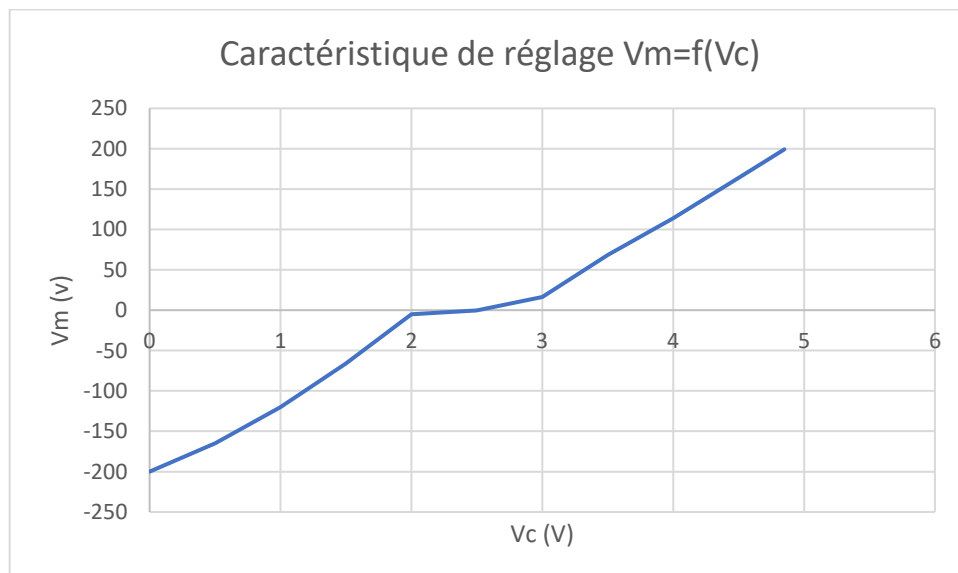
Désormais, nous allons relever la valeur du rapport cyclique en fonction de la tension externe de commande. Nous pouvons remarquer que nous n'atteignons pas toute la plage de valeur :

- $\alpha_{\max} = 97\%$
- $\alpha_{\min} = 2\%$

Vc (V)	Vm (V)	Alpha (%)
0	-200	2
0,5	-165	6
1	-120	16
1,5	-66	22
2	-5	44
2,5	-0,2	50
3	16,2	62
3,5	68,3	73
4	113,8	84
4,5	164	94
4,85	199,2	97

Tableaux des valeurs mesurés à partir de Vc (tension de commande externe)

Puis, nous représentons la caractéristique de réglage VM(vc), où VM représente la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur, toujours à vide et vc la tension de commande du dispositif.



Une fois la caractéristique tracée, nous allons représenter le réseau de caractéristiques de sortie VM(IM) de ce hacheur pilotant le moteur à vide. Cela va nous permettre de déterminer ses modes de fonctionnement.

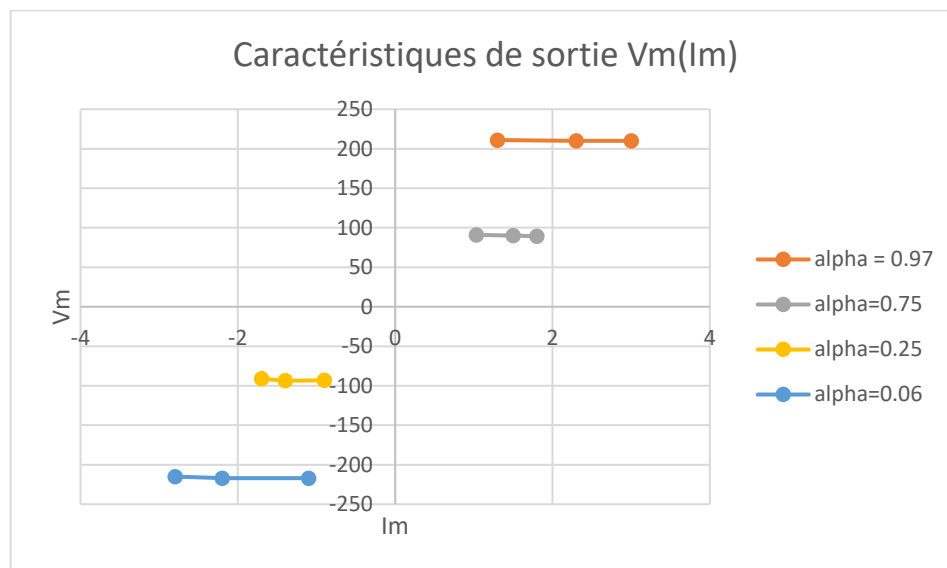
Pour cela, on chargera le moteur par une génératrice à courant continu simulant ainsi un couple de charge mécanique. Cette génératrice sera progressivement chargée par une résistance en surveillant en permanence le courant d'induit moteur.

Pour déterminer la caractéristique, nous réalisons plusieurs mesures du courant et de la tension du moteur en faisant varier la charge et avec le même rapport cyclique. Cela nous donne le tableau de mesure ci-dessous.

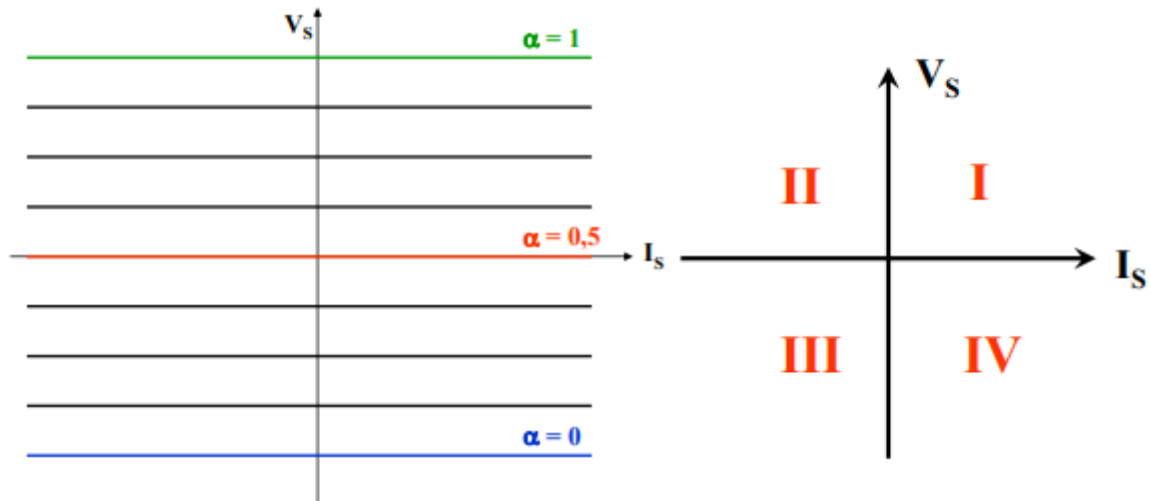
Alpha (%)	Im (A)	Vm (V)
97	1,3	211
97	2,3	210
97	3	210
75	1,03	91
75	1,5	90,1
75	1,8	89,3
25	-0,9	-93
25	-1,4	-93,7
25	-1,7	-91,2
6	-1,1	-217
6	-2,2	-217
6	-2,8	-215

Tableau de mesure du courant et de la tension du moteur

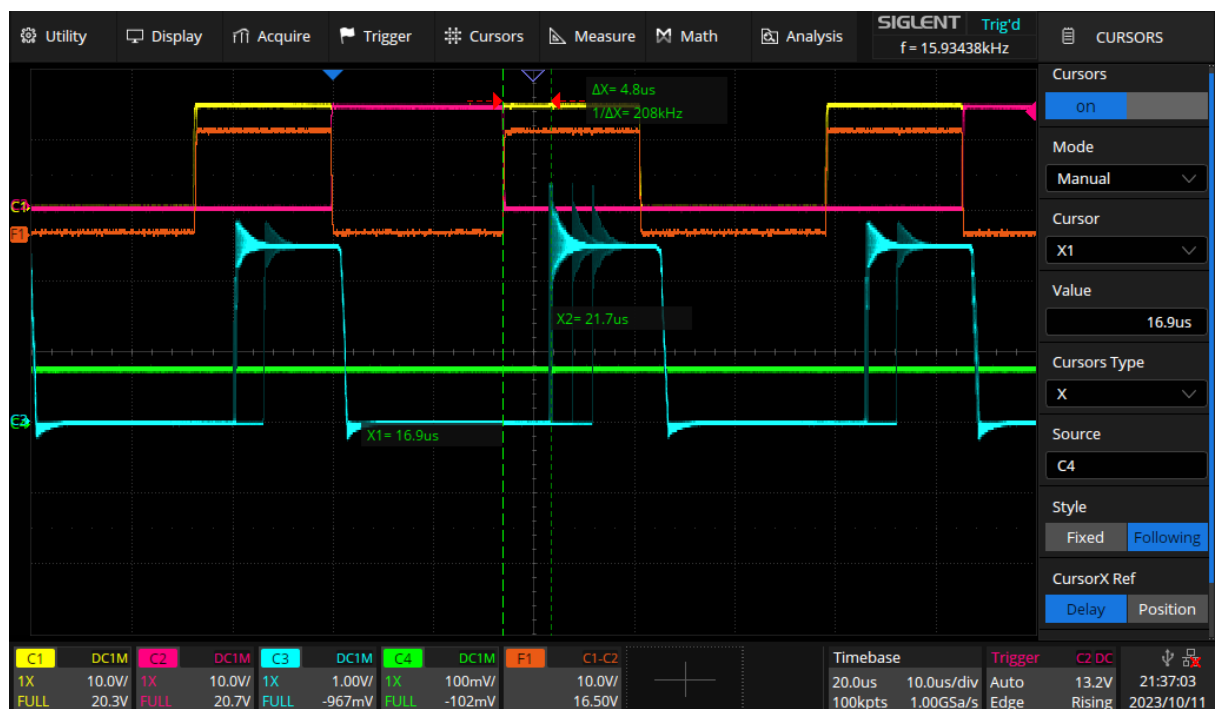
Puis, à partir de ce tableau, nous pouvons la tracer la caractéristique de la tension du moteur en fonction du courant du moteur.



Premièrement, nous pouvons observer que notre caractéristique ressemble bien à la courbe théorique. De plus, nous pouvons d'ores et déjà déterminer les quadrants de fonctionnement de notre système.



Dans notre cas, le système est piloté par COM (Quadrant 1) et par DEC (Quadrant 3). Le quadrant 2 est géré par Com_barre et le 4 par DEC_barre.



Comme dit précédemment, voici avec les curseurs la mesure du temps mort : Temps mort = $4.8\mu s$. Ce temps mort vient du temps que met le hacheur à correctement commuté dû à une protection pour éviter que tout commute en même temps.

3. Etude du hacheur en régime dynamique

Cette partie n'a malheureusement pas été abordée durant le TP faute de temps...