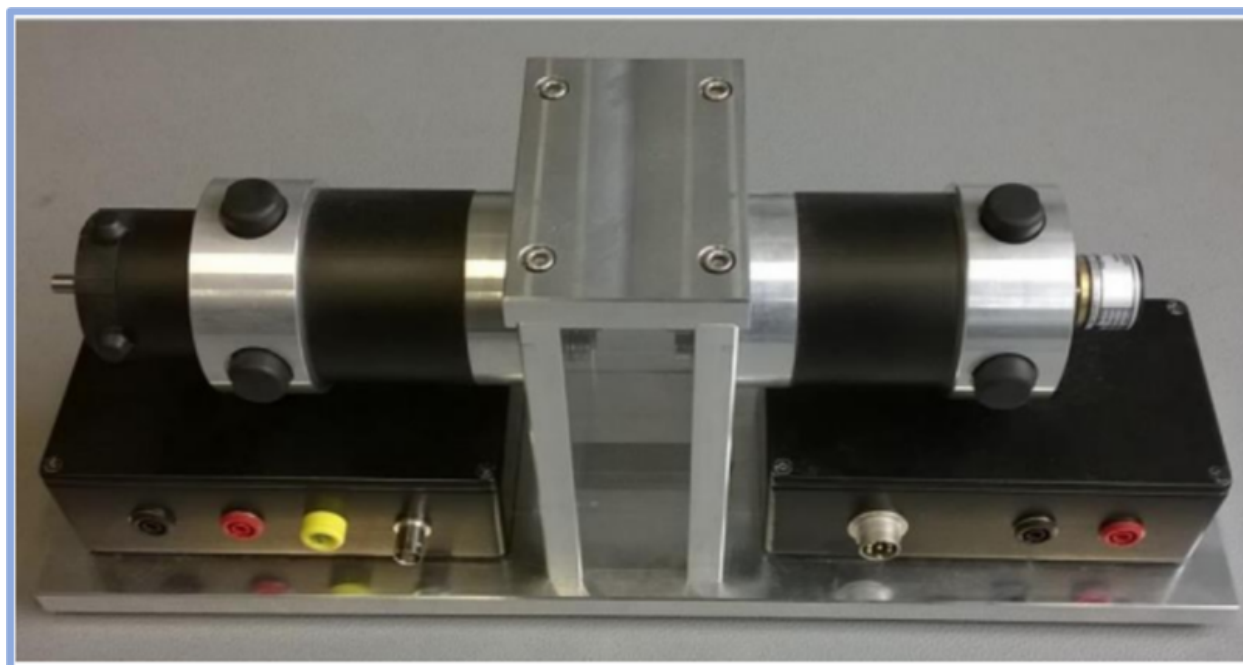


Victor Naturel, Thibault Tostain & Aude Vrignaud

GE4

Projet GES7

- Rapport intermédiaire -



GE 4 – Grp3

Professeur : Mr Flieller

Année scolaire : 2023-2024

Table des matières

Table des matières.....	1
Introduction.....	2
Planification.....	3
Cahier des charges.....	4
Vitesse.....	4
Courant.....	5
Schéma de la structure de la commande.....	5
Caractéristiques de la MCC.....	6
Annotations utilisés dans le rapport.....	6
Travail effectué.....	7
I. Schéma de la MCC et de son hacheur.....	7
A. Simulation et modélisation du moteur à vide.....	7
B. Simulation et modélisation du moteur avec pertes.....	12
C. Simulation et modélisation du moteur avec pertes et hacheur.....	16
II. Asservissement du moteur.....	20
A. Asservissement du courant du moteur.....	20
B. Asservissement en vitesse par la dynamo tachymétrique.....	24
C. Asservissement en vitesse par le codeur incrémental.....	29
1. Fonctionnement d'un capteur incrémental.....	29
2. Conversion des signaux.....	31
Travail à faire.....	32
Conclusion.....	33

Introduction

Le projet GE S7 porte sur l'asservissement en vitesse et en courant d'une machine à courant continu alimentée par un hacheur. Ce projet a pour objectif d'allier deux disciplines :

- l'électrotechnique par le biais des MCC et de l'électronique de puissance ;
- l'automatique dans la réalisation d'asservissement respectant le cahier des charges fixé.

Nous divisons ce projet en plusieurs parties pour le mener à bien :

- la modélisation et la simulation du moteur à courant continu sur Matlab-Simulink et PSIM ;
- la modélisation et la simulation du hacheur sur Matlab-Simulink et PSIM ;
- la modélisation et la simulation des asservissements en vitesse et en courant sur Matlab-Simulink et PSIM ;
- la réalisation du PCB avec des composants choisis selon les conclusions des modélisations ;
- les tests et les debugages.

Planification

Afin de mener à bien ce projet au sein du groupe, nous avons réalisé un diagramme de Gantt dès les prémices du projet pour répartir les principales tâches du projet sur le semestre ainsi que pouvoir mieux anticiper et visualiser les tâches à faire.

DIAGRAMME DE GANTT - PROJET GE4

du 11/09/23 au 10/01/24

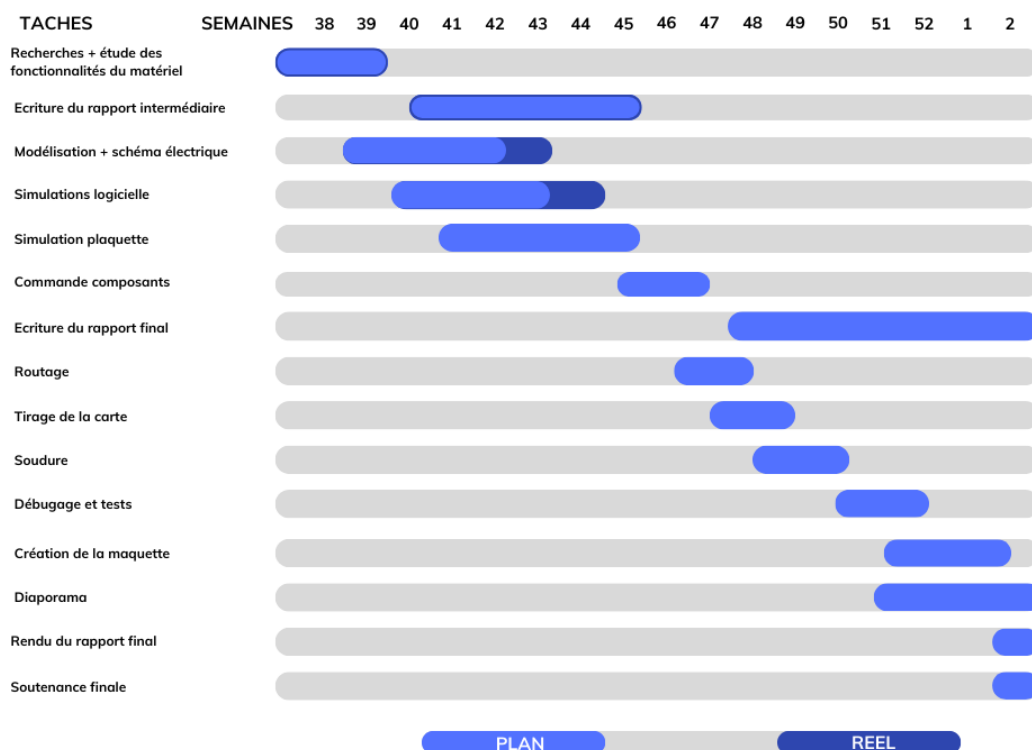


Figure 1 : Diagramme de Gantt

Nous retrouvons dans ce diagramme les prévisions que nous avons eu sur les tâches au début du projet et le temps que ces tâches nous ont réellement pris à faire.

Cela nous a permis de bien nous rendre compte du temps mis pour une tâche et du temps restant pour les autres. Ainsi, au fur et à mesure du projet, nous avons pu adapter la durée des différentes tâches pour optimiser au mieux la suite de la réalisation du projet. De plus, ce diagramme nous a permis de répartir équitablement les tâches entre nous.

Cahier des charges

Le cahier des charges est un élément central dans la réalisation du projet. C'est lui qui pose les limites mais aussi les attentes pour ce projet. C'est une ligne directrice à suivre tout au long du projet. Il est donc primordial de correctement le réaliser pour éviter toute erreur de hors sujet à la fin du projet.

L'objectif de ce projet est d'asservir en vitesse et en courant une machine à courant continu avec une charge. Pour cela nous respecterons les demandes suivantes.

Vitesse

Pour la vitesse, on reçoit un signal d'un codeur incrémental ou d'une dynamo tachymétrique. Il faudra donner la possibilité à l'utilisateur de pouvoir choisir entre ces deux systèmes. Ces systèmes sont définis comme suit :

- Le codeur incrémental est codé sur deux signaux, la période définit la vitesse et l'ordre des fronts montant le sens de la rotation.
- La dynamo tachymétrique à un rapport de $6V$ pour $1000 \text{ tr. min}^{-1}$

La vitesse est aussi contrainte avec :

- $V_{nominal} = 3000 \text{ tr. min}^{-1}$
- $V_{maximale} = 4800 \text{ tr. min}^{-1}$

Enfin, le moteur à une $F_{\text{électromotrice}} = 13,3 \text{ V}$ pour $1000 \text{ tr. min}^{-1}$.

On accepte un dépassement de 10 à 20 % avec une erreur statique nulle

On veut également un temps de réponse au moins 3x plus rapide qu'en boucle ouverte.

Courant

Pour le courant, nous utilisons un capteur qui a un ratio de 1 V pour 1 A. L'asservissement du système ne doit pas faire de dépassement supérieur de 10 à 20% et doit avoir un temps de réponse à 5% $\tau_{5\%} = 10 * T_{MLI}$ où T_{MLI} est la période du hacheur.

Il est cependant essentiel de ne pas dépasser les 5A dans le moteur, on limitera donc à 4,5A la commande pour qu'en cas de dépassement de 10% on ne dépasse pas les 5A. Avec ce limiteur, nous nous abstiendrons de poser un système de coupure en cas de dépassement des 5A car nous pouvons normalement faire confiance en notre asservissement.

Schéma de la structure de la commande

Le schéma de la structure de la commande sera le suivant :

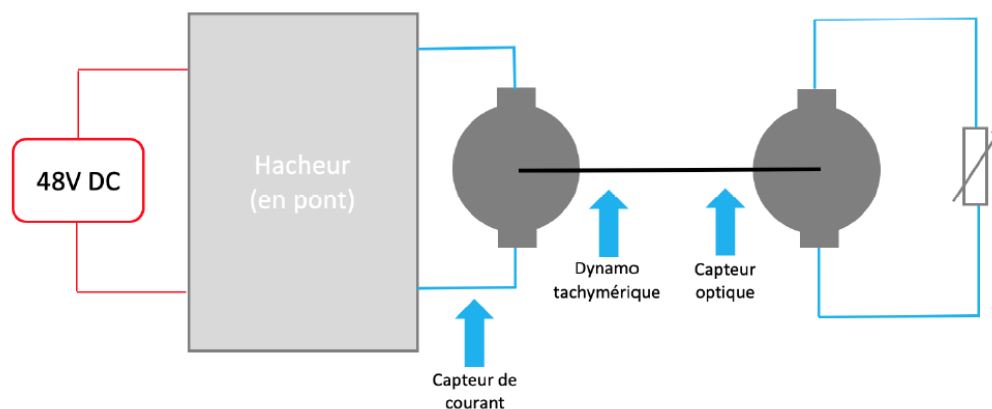


Figure 2 ¹ : Schéma de la structure de la commande

¹ Document pdf du sujet du projet

Caractéristiques de la MCC

On retrouve les caractéristiques de la machine dans la fiche technique suivante.

<i>Couple en rotation lente</i>	0.54	<i>N.m</i>	<i>M_O</i>
<i>Courant permanent rotation lente</i>	4.5	<i>A</i>	<i>I_O</i>
<i>Tension d'alimentation de définition</i>	49	<i>V</i>	<i>U</i>
<i>Vitesse de définition</i>	3000	<i>tr/mn</i>	<i>N</i>
<i>Tension maximale</i>	65	<i>V</i>	<i>U_{max}</i>
<i>Vitesse maximale</i>	4800	<i>tr/mn</i>	<i>N_{max}</i>
<i>Courant impulsionnel</i>	13	<i>A</i>	<i>I_{max}</i>
<i>Fem par 1000 tr/mn (25°C)</i>	13.3	<i>V</i>	<i>K_e</i>
<i>Coefficient de couple électromagnétique</i>	0.127	<i>N.m/A</i>	<i>K_t</i>
<i>Couple de frottement sec</i>	2.4	<i>N.cm</i>	<i>T_f</i>
<i>Coefficient de viscosité par 1000tr/mn</i>	0.53	<i>N.cm</i>	<i>K_d</i>
<i>Résistance du bobinage (25°C)</i>	1.52	<i>Ω</i>	<i>R_b</i>
<i>Inductance du bobinage</i>	2.2	<i>mH</i>	<i>L</i>
<i>Inertie rotor</i>	0.000083	<i>kg.m²</i>	<i>J</i>
<i>Constante de temps thermique</i>	7	<i>min</i>	<i>T_{th}</i>
<i>Masse moteur</i>	1.34	<i>kg</i>	<i>M</i>

Figure 3² : Extrait de la fiche technique de la MCC précisant ses caractéristiques

Annotations utilisés dans le rapport

Notation	Signification	Valeur	Unité
<i>C_m</i>	Couple moteur	-	N.m
<i>w</i>	Vitesse angulaire du rotor	-	rad/s
<i>φ</i>	Flux magnétique	-	Wb
<i>J</i>	Moment d'inertie	$8,3 \cdot 10^{-5}$	<i>kg.m²</i>
<i>f</i>	Frottements	5,06	N.m/rad.s
<i>C_{ch}</i>	Couple résistant	0,012	N.cm
<i>U</i>	Tension d'alimentation du hacheur	48	V
<i>R</i>	Résistance du bobinage	1,52	Ohm
<i>L</i>	Inductance du bobinage	$2,2 \cdot 10^{-3}$	H
<i>K_{phi}</i>	Coefficient du couple électromagnétique	0,127	<i>N.m.A⁻¹</i>

² Document pdf du sujet du projet

Travail effectué

I. Schéma de la MCC et de son hacheur

A. Simulation et modélisation du moteur à vide

Équations de la MCC

La machine à courant continu (MCC) est un type de machine électrique qui convertit l'énergie électrique en mouvement mécanique en utilisant un courant continu. Elle est composée d'une stator fixe et d'un rotor en rotation. Le stator génère un champ magnétique constant tandis que la rotor, qui porte les bobines de fil conducteur, est soumis à des forces magnétiques et tourne en réaction à ces forces.

Voici les différentes équations régissant la machine à courant continu :

$$\begin{aligned}u(t) &= e(t) + R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt} \\ J * \frac{dw}{dt} &= Cm(t) \\ e(t) &= Ke * w(t) \\ Cm(t) &= Kc * i(t)\end{aligned}$$

Dans notre étude, nous considérons $Ke = Kc = K_{\phi}$.

En appliquant la transformée de Laplace, on obtient les équations suivantes :

$$\begin{aligned}U(p) &= E(p) + R * I(p) + p * L * I(p) \\ J * p * \Omega(p) &= Cm(p) \\ E(p) &= K_{\phi} * \Omega(p) \\ Cm(p) &= K_{\phi} * I(p)\end{aligned}$$

D'où on en déduit :

$$\begin{aligned}I(p) &= \frac{U(p)-E(p)}{R+L*p} \\ E(p) &= K_{\phi} * \Omega(p) \\ Cm(p) &= K_{\phi} * I(p) \\ \Omega(p) &= \frac{Cm(p)}{J*p}\end{aligned}$$

Nous avons donc établi les différentes équations nécessaires à la modélisation ainsi nous pouvons maintenant réaliser le système sur MatLab puis sur PSIM pour ensuite comparer les résultats obtenues sur les deux simulations.

Simulation avec MatLab via Simulink

Nous représentons sur Simulink les équations précédentes sous forme de schéma bloc.

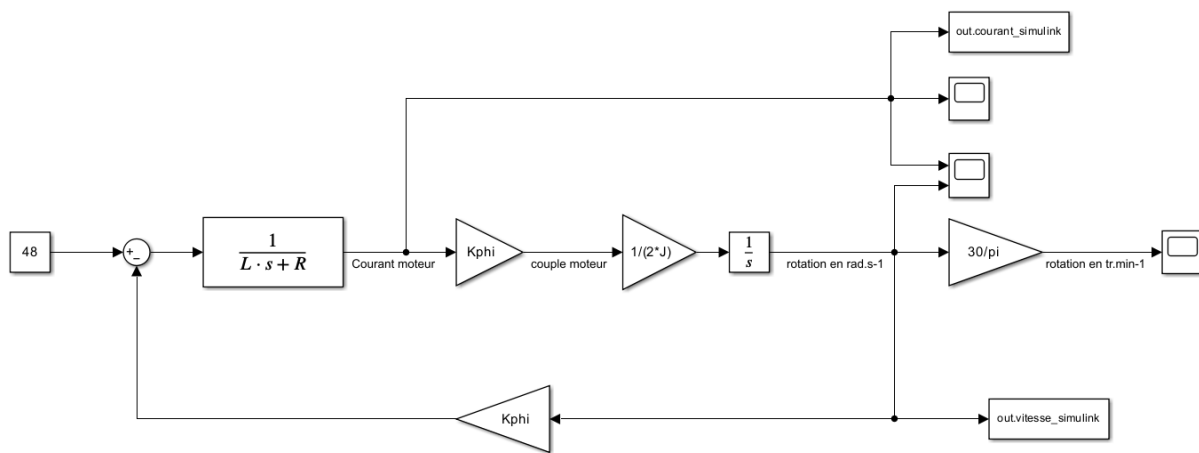


Figure 4 ³ : Schéma bloc sur Simulink

Les valeurs du schéma dépendent du cahier des charges défini au début de ce rapport. Nous retrouvons les valeurs des mesures utilisées dans le tableau récapitulatif des données utilisées dans le projet.

³ Projet GES7_simulations > 23.09.11 > Simulink_moteur_à_vide.slx

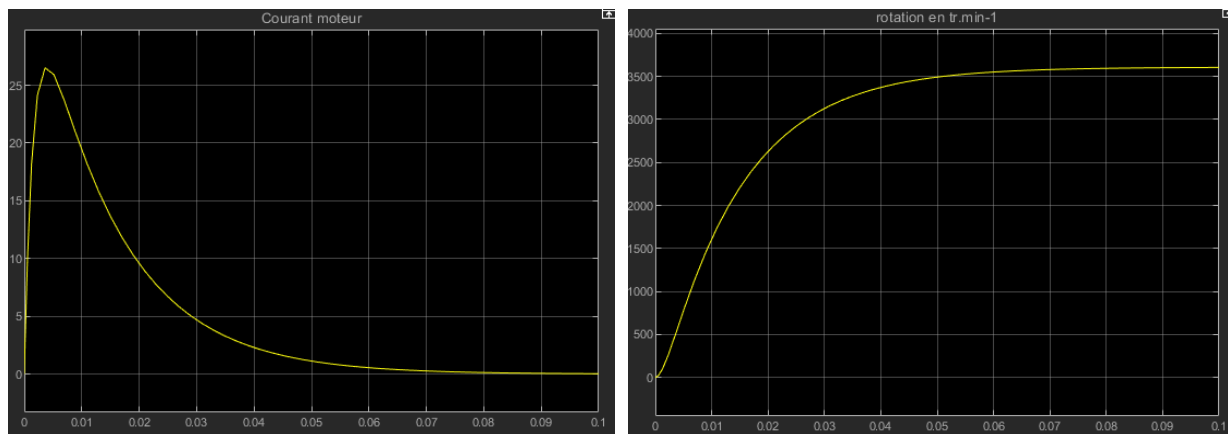


Figure 5 ⁴ : Résultats de la simulation sur Simulink

Simulation sur PSIM

Pour la simulation sur PSIM, nous appliquons une méthode différente. Alors en comparant les résultats des deux simulations qui ont des approches différentes, nous pourrions vérifier si nos applications sont correctes. Nous retrouvons dans la figure suivante la modélisation du moteur sur PSIM.

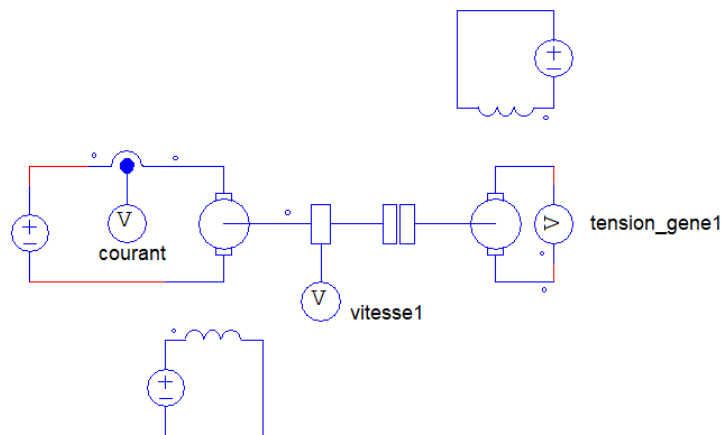


Figure 6 ⁵ : Simulation sur PSIM de la MCC à vide

⁴ Projet GES7_simulations > 23.09.11 > (Simulink_moteur_à_vide.slx + variables.m)

⁵ Projet GES7_simulations > 23.09.11 > PSIM_moteur_à_vide.psimsch

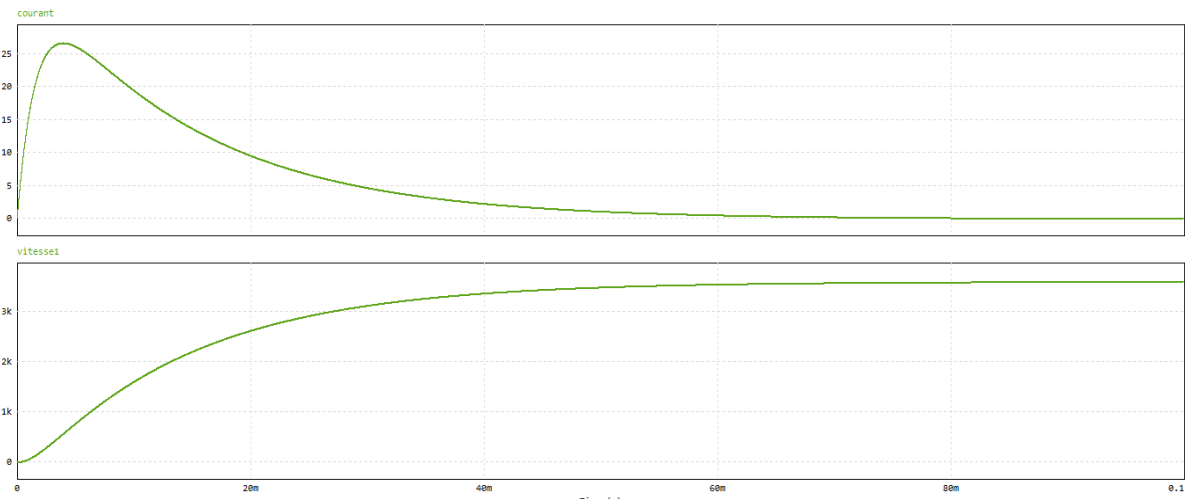


Figure 7 ⁶ : Résultat de la simulation sur PSIM

⁶ Projet GES7_simulations > 23.09.11 > PSIM_moteur_à_vide.psimsch

Comparaison des résultats

Nous comparons alors les résultats obtenus avec MatLab-Simulink et PSIM. On remarque que les deux résultats se superposent, alors la théorie est validée.

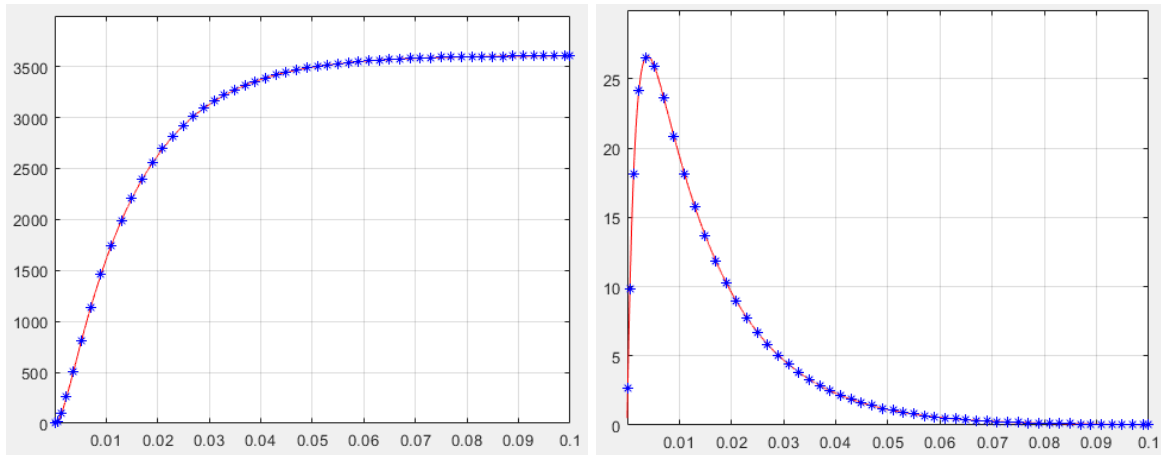


Figure 8 ⁷ : Comparaison des résultats (courant à gauche, vitesse à droite)

Nous pouvons alors passer à la partie suivante : la simulation en prenant en compte les pertes.

⁷ Projet GES7_simulations > 23.09.11 > compar_psim_simulink_a_vide.m

B. Simulation et modélisation du moteur avec pertes

Dans cette partie du projet, nous réalisons les mêmes démarches que la partie précédente mais en considérant le moteur avec des pertes, c'est-à-dire des frottements.

Équations de la MCC avec pertes

Les équations de la machine à courant continu que nous avons établi précédemment vont donc changer. Nous ajoutons les frottements et nous obtenons les équations suivantes :

$$\begin{aligned}u(t) &= e(t) + R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt} \\ J * \frac{dw}{dt} &= Cm(t) - Cch(t) - f * w(t) \\ e(t) &= Ke * w(t) \\ Cm(t) &= Kc * i(t)\end{aligned}$$

En appliquant la transformée de Laplace, on obtient les équations suivantes :

$$\begin{aligned}U(p) &= E(p) + R * I(p) + p * L * I(p) \\ J * p * \Omega(p) &= Cm(p) - Cch(p) - f * \Omega(p) \\ E(p) &= K_{\phi} * \Omega(p) \\ Cm(p) &= K_{\phi} * I(p)\end{aligned}$$

D'où on en déduit :

$$\begin{aligned}I(p) &= \frac{U(p)-E(p)}{R+L*p} \\ E(p) &= K_{\phi} * \Omega(p) \\ Cm(p) &= K_{\phi} * I(p) \\ \Omega(p) &= \frac{Cm(p)-Cch(p)}{J*p+f}\end{aligned}$$

Nous avons établi les équations de la machine à courant continu en considérant les pertes. Nous pouvons alors réaliser la modélisation de ce système.

Simulation avec MatLab via Simulink

Le schéma bloc également n'est plus le même. En effet, nous considérons les pertes donc nous ajoutons les frottements f et le couple résistant C_{ch} .

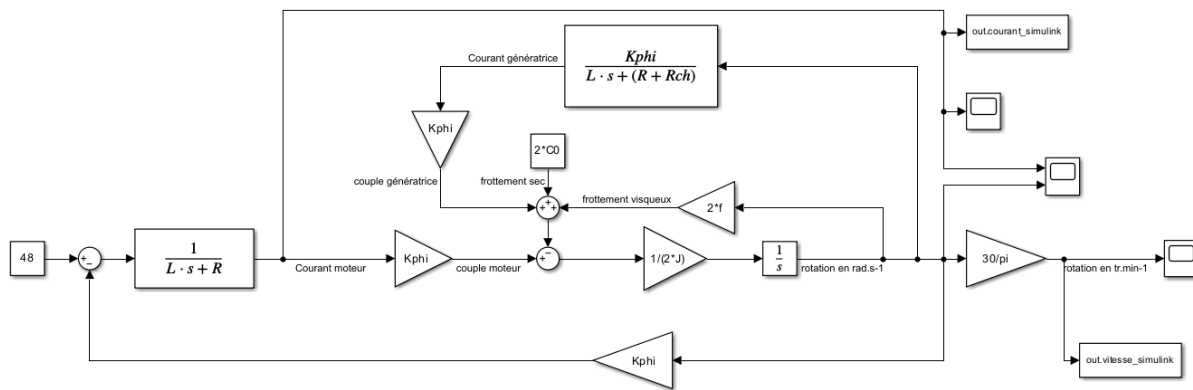


Figure 9⁸ : Schéma sur Matlab avec frottements

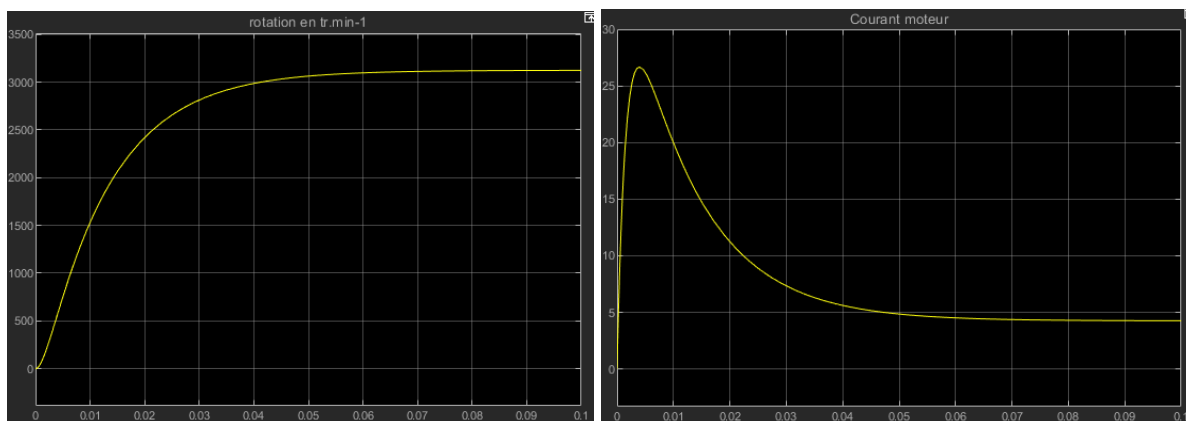


Figure 10⁹ : Simulation sur Matlab (à gauche la vitesse à droite le courant)

⁸ Projet GES7_simulations > 23.09.18 > Simulink_moteur_en_charge.slx

⁹ Projet GES7_simulations > 23.09.18 > (Simulink_moteur_en_charge.slx + variables.m)

Simulation sur PSIM

On modélise également sur PSIM le modèle en considérant les pertes.

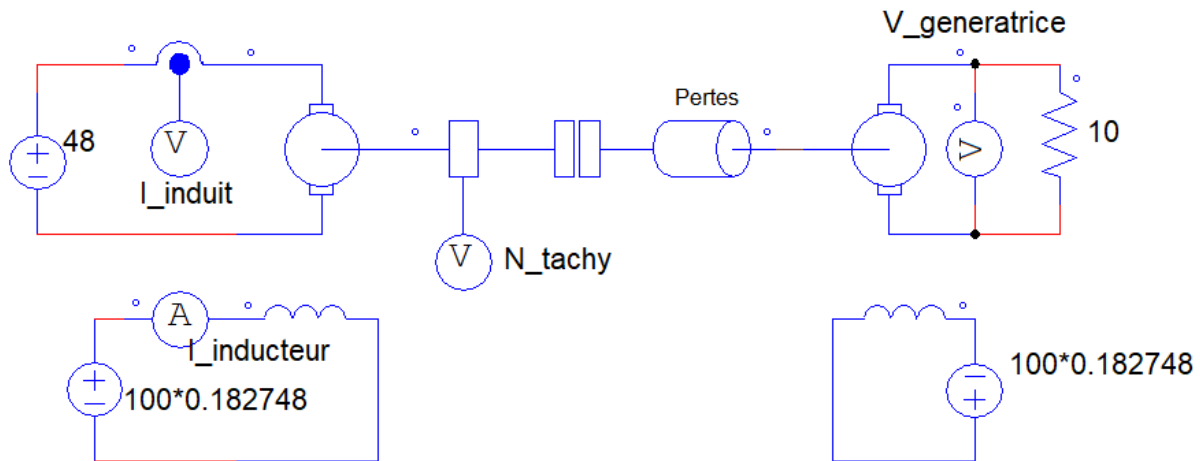


Figure 11¹⁰ : Schéma sur PSIM avec frottements

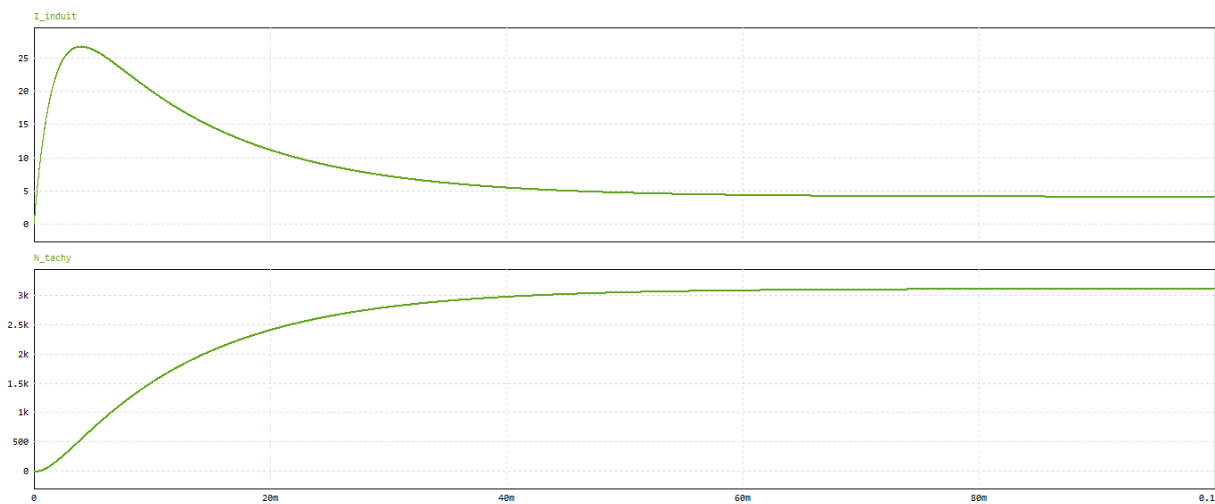


Figure 12¹¹ : Modélisation sur PSIM

¹⁰ Projet GES7_simulations > 23.09.18 > PSIM_moteur_en_charge.psimsch

¹¹ Projet GES7_simulations > 23.09.18 > PSIM_moteur_en_charge.psimsch

Comparaison des résultats

Nous comparons alors les résultats obtenus avec MatLab-Simulink et PSIM. On remarque que les deux résultats se superposent parfaitement, alors la théorie est encore validée. Le modèle est alors correct en considérant en plus les frottements.

On remarque également qu'avec l'ajout des frottements, le courant induit ne s'annule plus.

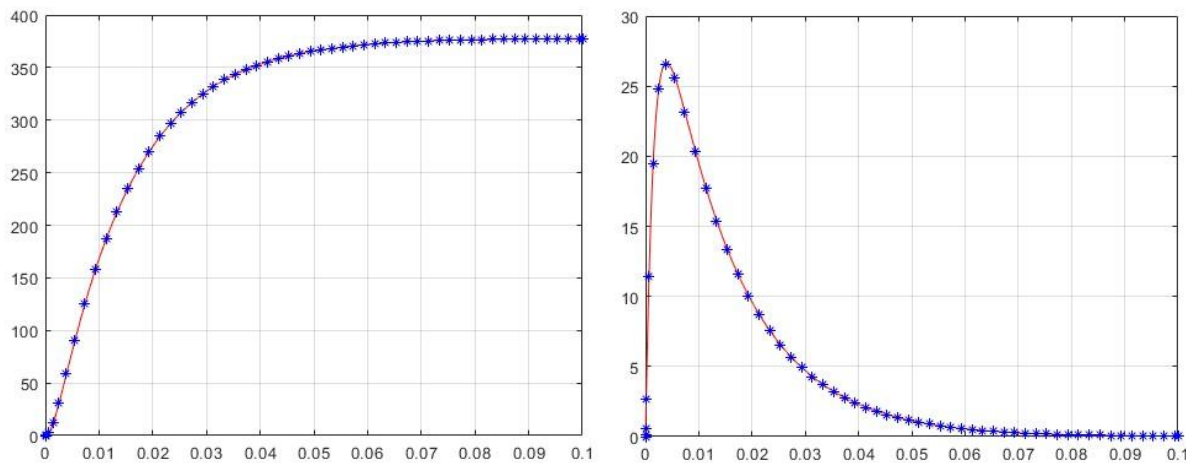


Figure 13 ¹² : Comparaison des résultats (courant à gauche, vitesse à droite)

Dans les deux tests précédents, nous avons considéré la MCC à vide. Il nous reste plus qu'à tester le modèle en ajoutant une charge sur la génératrice.

¹² Projet GES7_simulations > 23.09.18 > compar_psim_simulink_en_charge.m

C. Simulation et modélisation du moteur avec pertes et hacheur

Équations de la MCC avec pertes et génératrice

$$u(t) = Rch * i(t) + R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt}$$

$$J * \frac{dw}{dt} = Cm(t) - Cch(t) - f * w(t)$$

$$e(t) = Ke * w(t)$$

$$Cm(t) = Kc * i(t)$$

En appliquant la transformée de Laplace, on obtient les équations suivantes :

$$I(p) = \frac{U(p) - E(p)}{R + Rch + L * p}$$

$$E(p) = K_{\phi} * \Omega(p)$$

$$Cm(p) = K_{\phi} * I(p)$$

$$\Omega(p) = \frac{Cm(p) - Cch(p)}{J * p + f}$$

Simulation avec MatLab via Simulink

A nouveau, nous représentons les équations précédentes sur Matlab sous forme de schéma bloc.

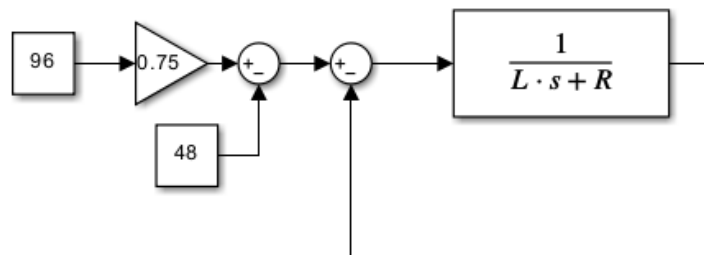


Figure 14¹³ : Schéma sur Matlab avec charge et frottements (avec un rapport cyclique de 0.75)

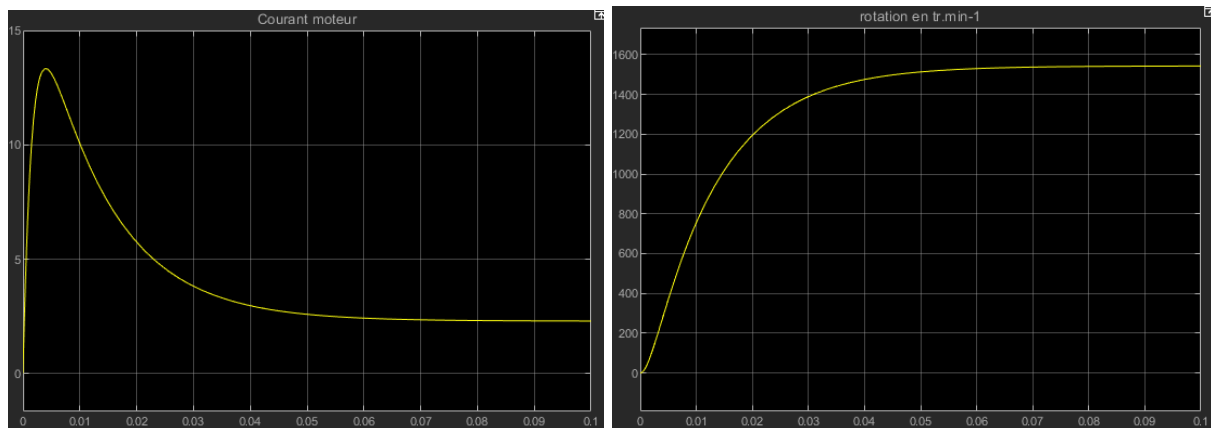


Figure 15¹⁴ : Simulation sur Matlab

¹³ Projet GES7_simulations > 23.09.27 > Simulink_moteur_avec_hacheur.slx

¹⁴ Projet GES7_simulations > 23.09.27 > (Simulink_moteur_avec_hacheur.slx + variables.m)

Simulation sur PSIM

Nous réalisons également la modélisation sur PSIM.

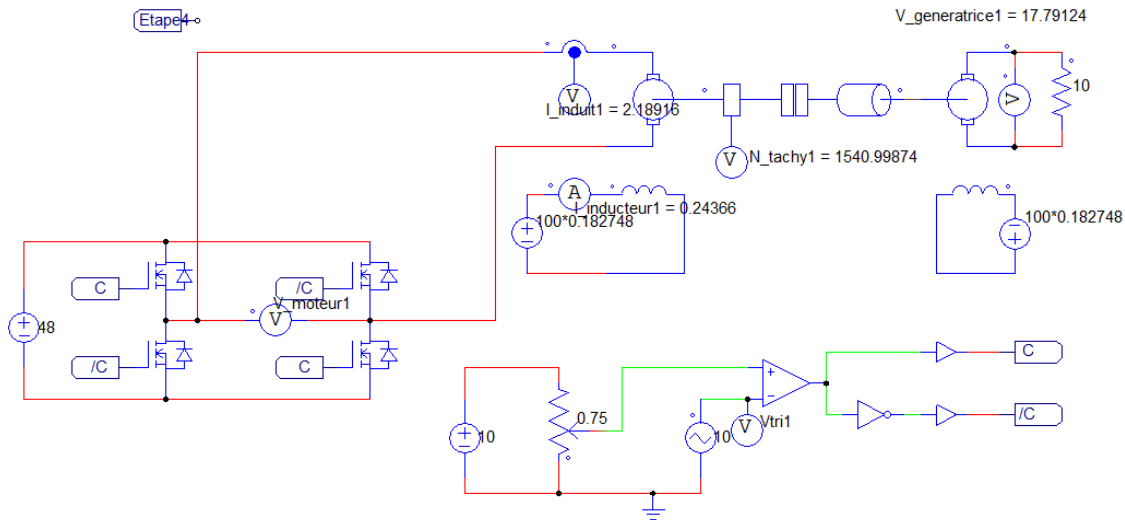


Figure 16¹⁵ : Schéma sur PSIM avec charge et frottements

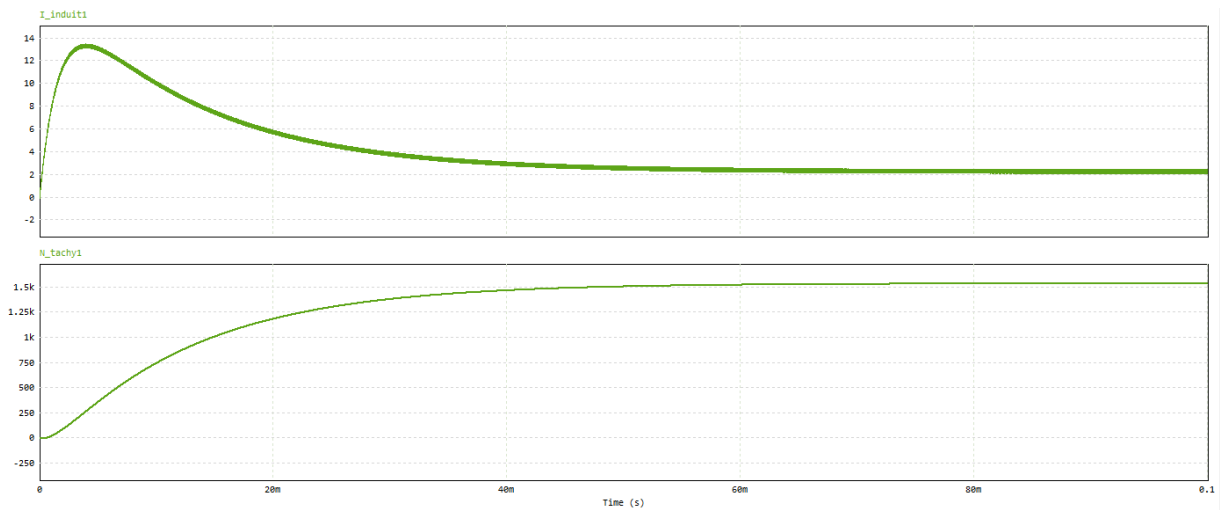


Figure 17¹⁶ : Résultat de la modélisation sur PSIM

¹⁵ Projet GES7_simulations > 23.09.27 > PSIM_moteur_avec_hacheur.psimsch

¹⁶ Projet GES7_simulations > 23.09.27 > PSIM_moteur_avec_hacheur.psimsch

Comparaison des résultats

Les courbes que nous obtenons de ces deux simulations se superposent encore. Aussi, nous remarquons que malgré l'ajout de la charge, la courbe de courant est similaire aux simulations précédentes. Nous pouvons donc valider le modèle de simulation de la MCC.

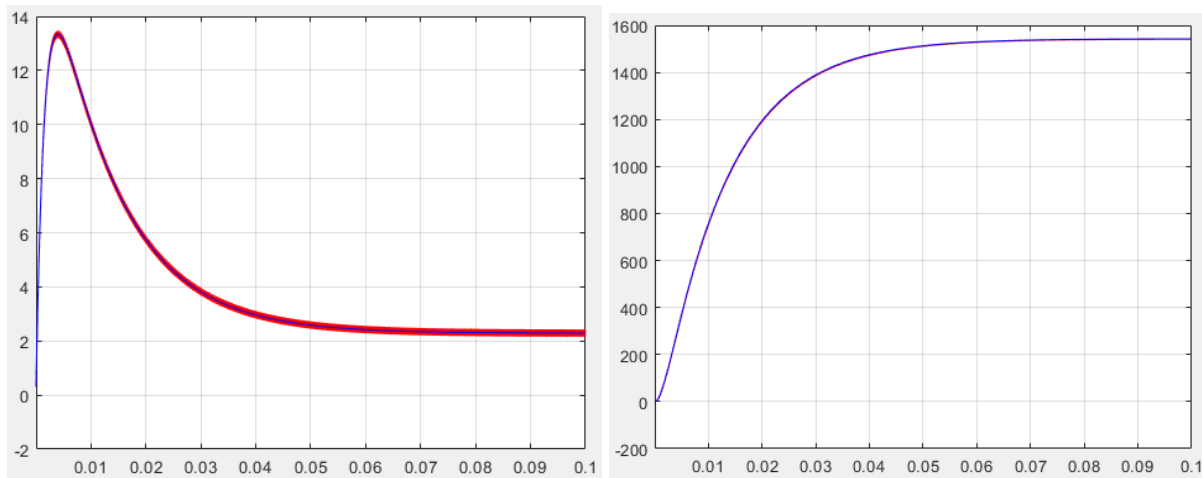


Figure 18¹⁷ : Comparaison des résultats

¹⁷ Projet GES7_simulations > 23.09.27 > compar_psim_simulink_hacheur.m

II. Asservissement du moteur

Dans cette partie, nous allons étudier les asservissements mis en place pour asservir le moteur.

A. Asservissement du courant du moteur

L'asservissement en courant du moteur va servir à appliquer la consigne donnée par l'asservissement en vitesse. Nous utiliserons un correcteur PI (Proportionnel Intégral). Il est important de souligner que la manière de noter l'équation du PI est différente entre Simulink et PSIM. La valeur de τ sur PSIM vaut $\frac{K_p}{K_i}$, le rapport des deux valeurs sur Simulink.

Simulation avec MatLab via Simulink

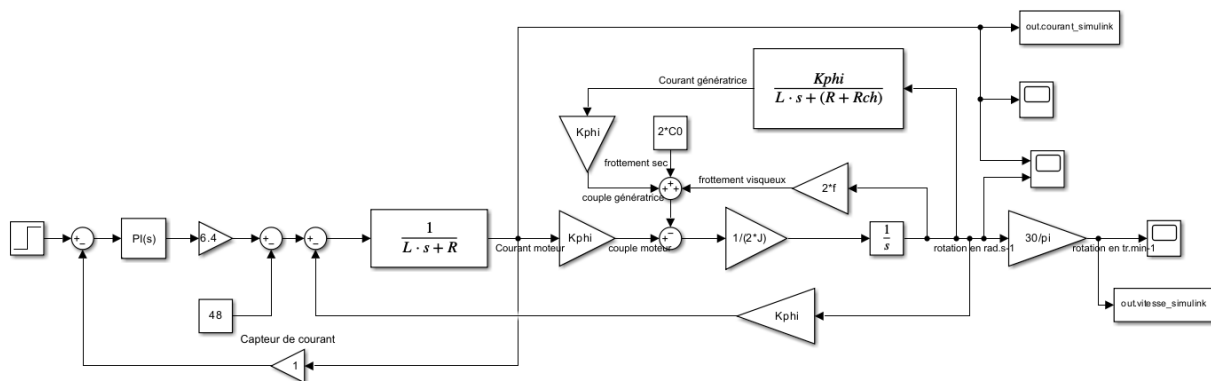


Figure 19¹⁸ : Schéma sur Simulink

Avec l'outil PID Tuner de Simulink, nous trouvons des valeurs de P et I pour lesquelles le cahier des charges est respecté.

$$P = 7,4247 \text{ et } I = 31205.$$

¹⁸ Projet GES7_simulations > 23.10.09 > Simulink_asserv_courant.slx

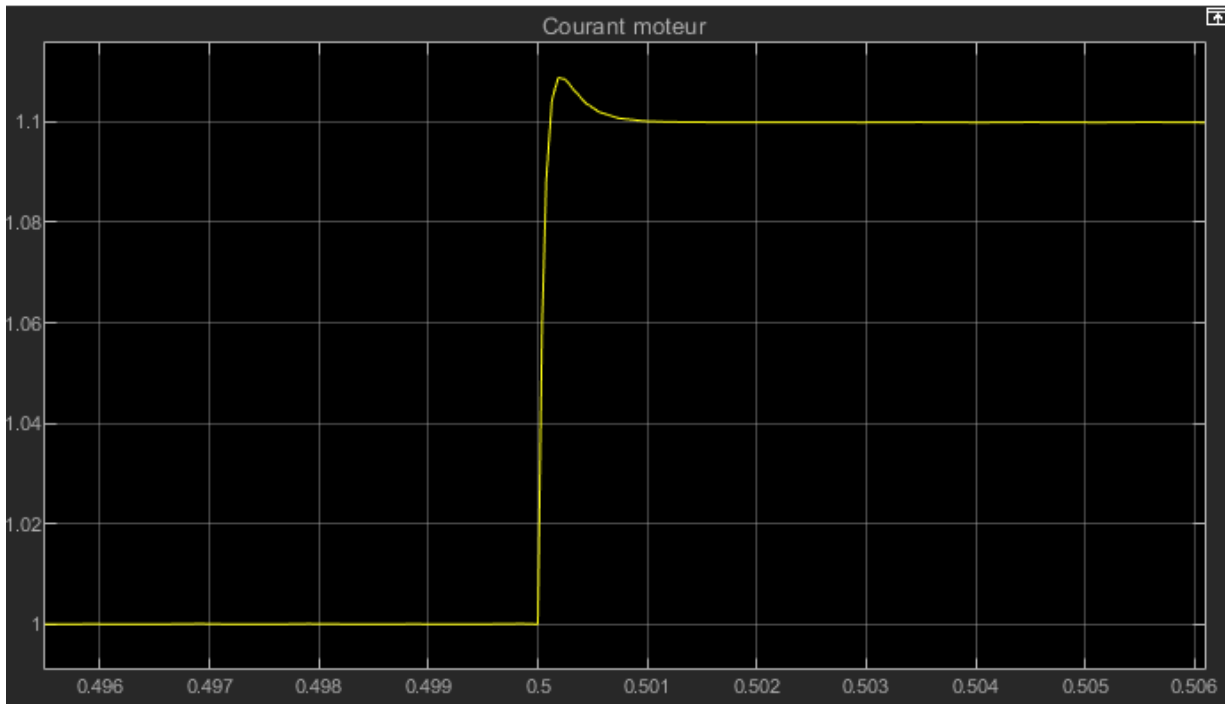


Figure 20¹⁹ : Simulation sur Simulink (au point de fonctionnement)

¹⁹ Projet GES7_simulations > 23.10.09 > (Simulink_asserv_courant.slx + variables.m)

Simulation sur PSIM

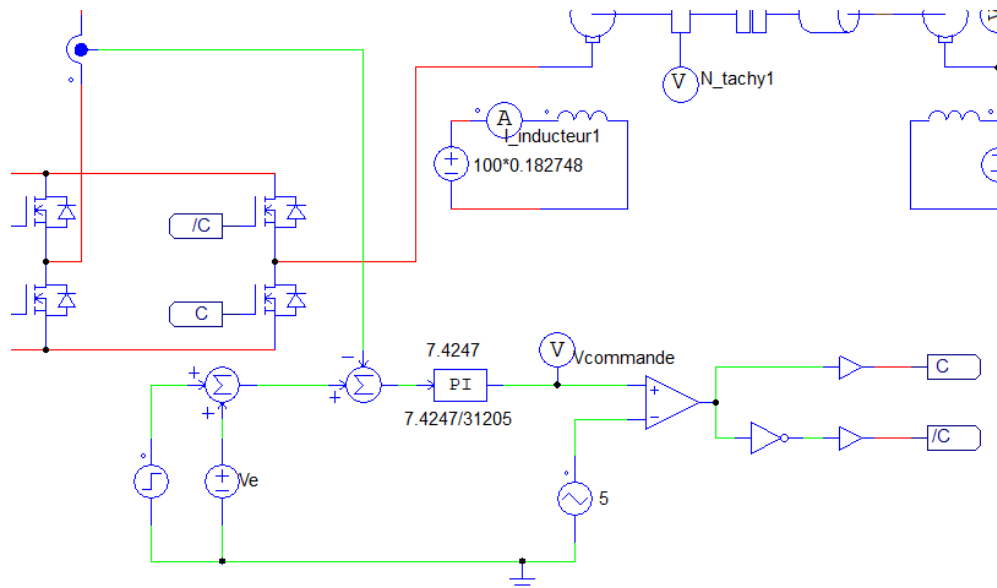


Figure 21²⁰ : Schéma sur PSIM

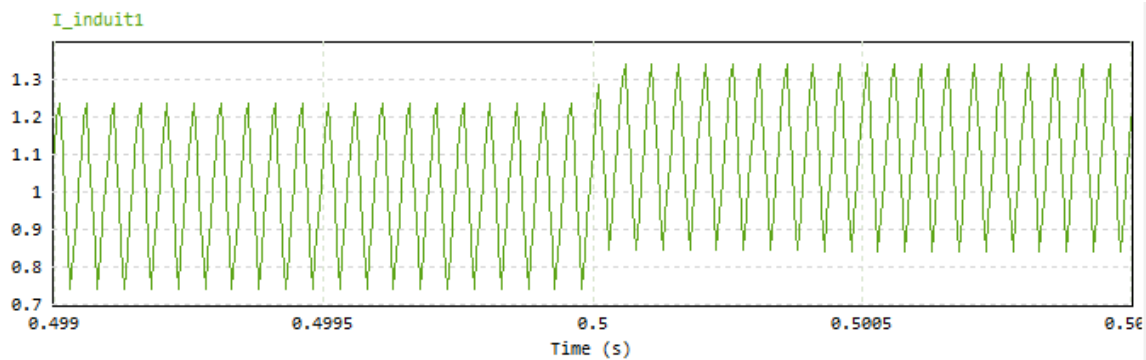


Figure 22²¹ : Modélisation sur PSIM (autour d'un point de fonctionnement)

²⁰ Projet GES7_simulations > 23.10.09 > PSIM_asserv_courant.psimsch

²¹ Projet GES7_simulations > 23.10.09 > PSIM_asserv_courant.psimsch

Comparaison des résultats

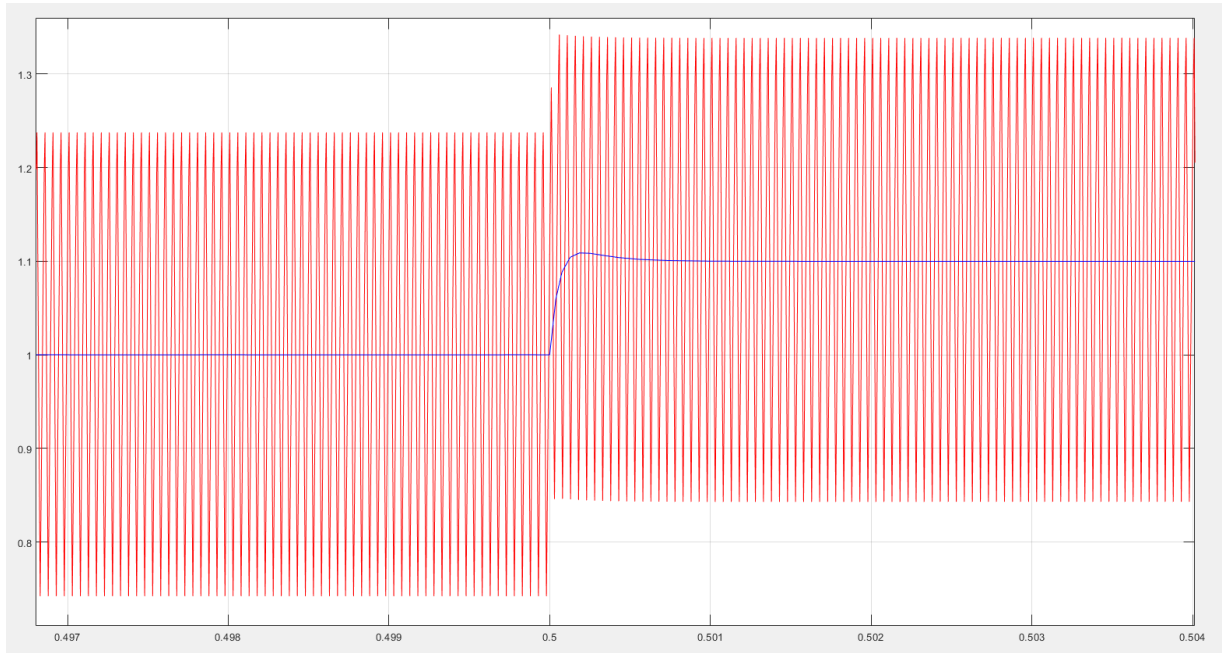


Figure 23²² : Comparaison des résultats

Au vu de la similitude des résultats, nous pouvons en conclure que notre système et ses valeurs sont justes aussi. Nous les utiliserons donc dans le dimensionnement des composants.

Il est à noter que les variations rapides observées sur PSIM sont du à la fréquence du hacheur. Cependant, comme nous ne modélisons pas le hacheur mais uniquement la valeur moyenne dans Simulink, les résultats sont plus lissés.

²² Projet GES7_simulations > 23.10.09 > compar_psim_simulink_asserv_courant.m

B. Asservissement en vitesse par la dynamo tachymétrique

L'asservissement en vitesse par la dynamo tachymétrique ne demande pas de conversion de type de signaux. En effet, la dynamo tachymétrique donne directement une tension en fonction de la vitesse. D'après le cahier des charges, ce rapport est fixé à $6V$ pour $1000 \text{ tr. min}^{-1}$.

De plus, sachant que l'on a une vitesse maximal de $4800 \text{ tr. min}^{-1}$ que l'on va arrondir à $5000 \text{ tr. min}^{-1}$ par précaution, soit 4% de marge entre la théorie et la pratique, on peut en conclure que la tension à la sortie du la dynamo peut atteindre les $+30V$. Ce qui est bien au-dessus des $+15V$ prévu dans l'utilisation des AOP du circuit de commande. En pratique, il faudrait réduire cette tension, mais pour une première simulation nous ne le ferons pas.

Une fois ces valeurs obtenues, on peut prévoir un circuit de commande avec un circuit de type PI pour l'asservissement.

Comme pour l'asservissement en courant, nous avons réalisé ce circuit sur Matlab et Simulink pour s'assurer de la fiabilité des résultats en les comparants.

Encore une fois, nous avons $\tau = \frac{K_P}{K_I}$ sur PSIM.

Simulation avec MatLab via Simulink

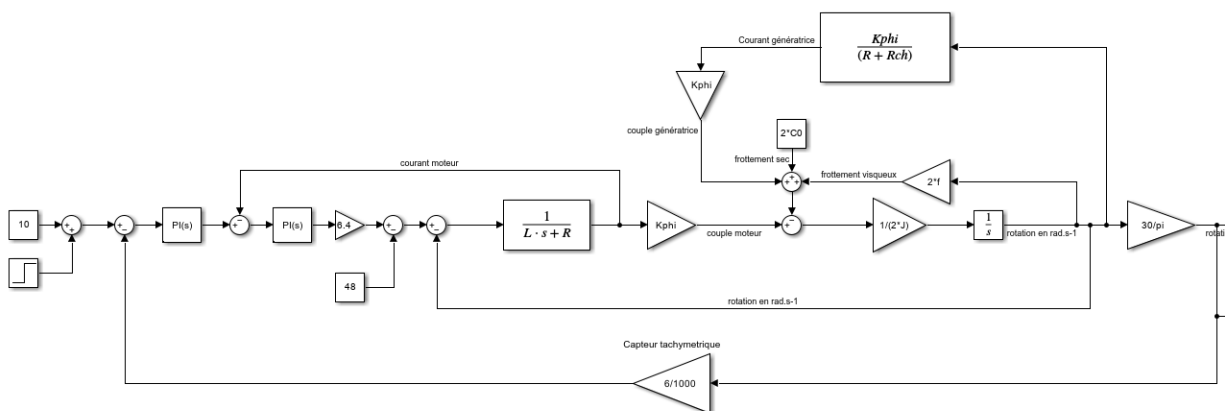


Figure 24²³ : Schéma sur Simulink

²³ Projet GES7_simulations > 23.10.25 > Simulink_asserv_vitesse.slx

L'outil PID Tuner de Simulink nous donne, pour respecter le cahier des charges :

$$P = 2,0706 \text{ et } I = 95,66.$$

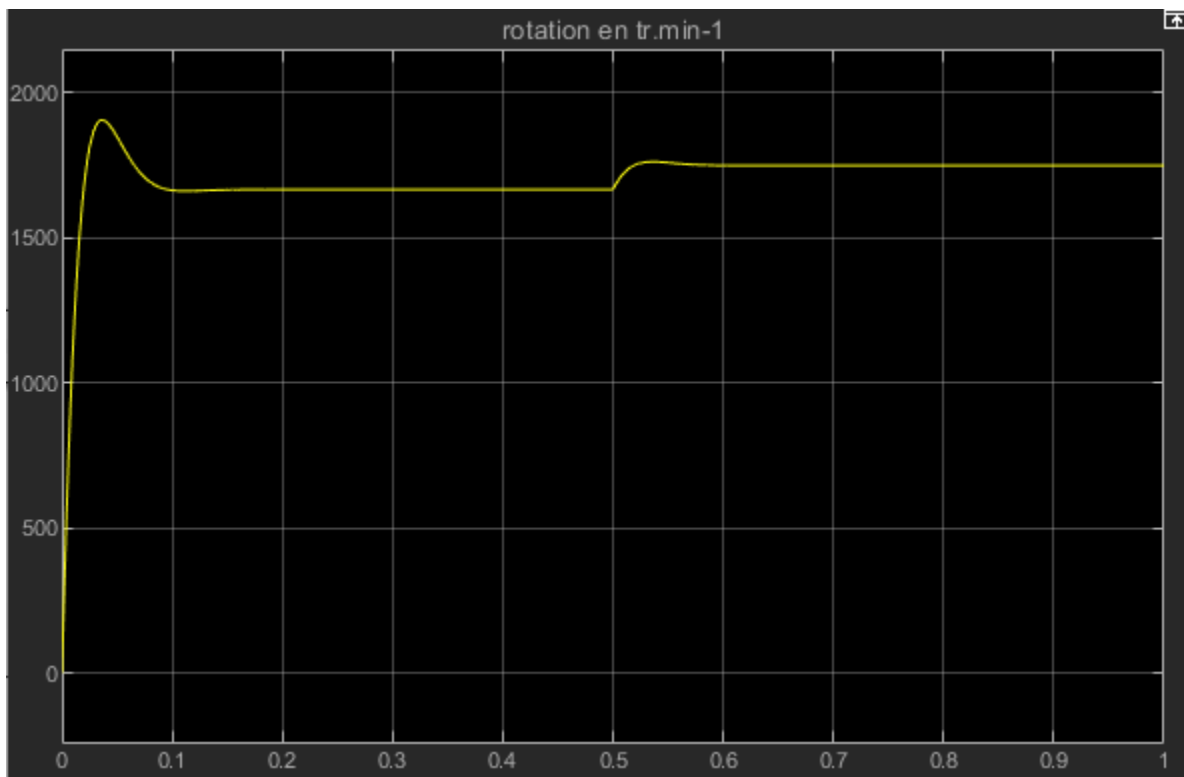


Figure 25²⁴ : Simulation sur Simulink

²⁴ Projet GES7_simulations > 23.10.25 > (Simulink_asserv_vitesse.slx + variables.m)

The diagram illustrates a control system for a power plant. The reference voltage V_c is compared with the feedback signal at a summing junction. The resulting error signal is processed by a gain block $K = 0.006$ and a PI controller with a time constant of $2.0706/95.66$. The output of this stage is compared with the feedback signal at another summing junction. The resulting error signal is then processed by a second PI controller with a time constant of $7.4247/31205$. The output of the second PI controller is the control signal $V_{commande}$, which drives the voltage source V . The feedback signal is derived from the output voltage V through a feedback loop that includes a $5V$ source and an op-amp.

²⁵ Projet GES7_simulations > 23.10.25 > PSIM_asserv_vitesse.psimsch

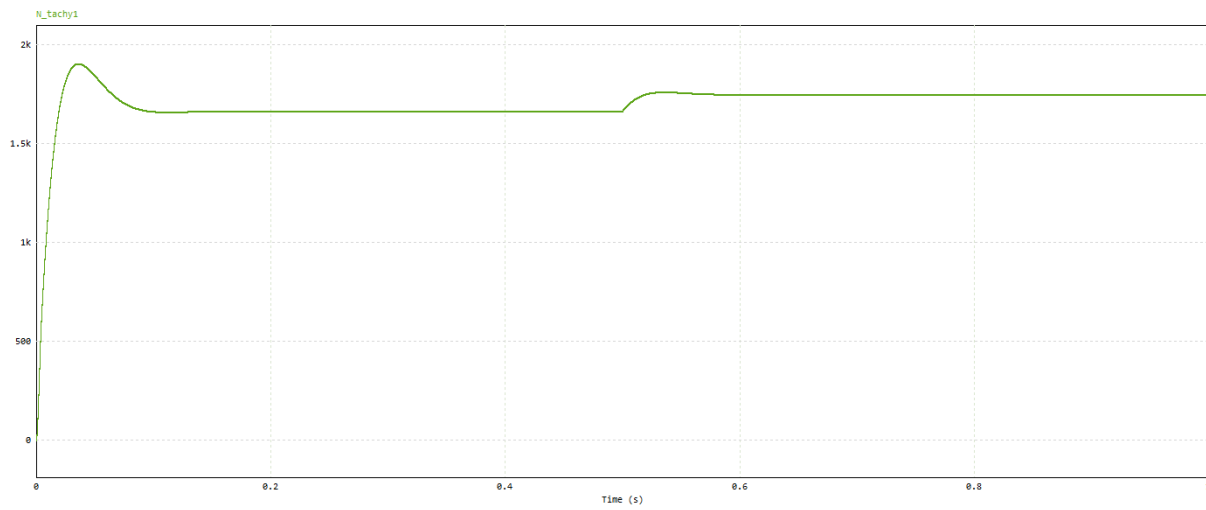


Figure 27²⁶ : Modélisation sur PSIM

²⁶ Projet GES7_simulations > 23.10.25 > PSIM_asserv_vitesse.psimsch

Comparaison des résultats

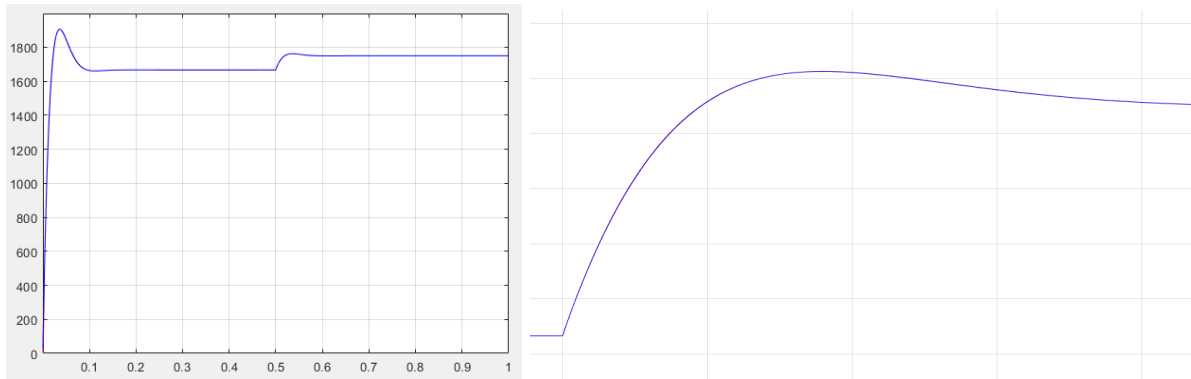


Figure 28 ²⁷ : Comparaison des résultats (avec un zoom sur l'échelon qui nous intéresse)

Au vu de la similitude des résultats, nous pouvons en conclure que notre système et ses valeurs sont justes aussi. Nous les utiliserons donc dans le dimensionnement des composants.

²⁷ Projet GES7_simulations > 23.10.25 > compar_psim_simulink_asserv_vitesse.m

C. Asservissement en vitesse par le codeur incrémental

Le deuxième type d'asservissement en vitesse se fait par un codeur incrémental. Pour réaliser cet asservissement, nous avons donc besoin de comprendre le fonctionnement de ce capteur et comment traiter les signaux qu'il envoie en plus de la réalisation de l'asservissement.

1. Fonctionnement d'un capteur incrémental

Le principe d'un tel capteur est de poser une diode électroluminescente d'un côté d'une roue et un capteur photosensible de l'autre. En réalisant des trous à espacement régulier dans la roue, on obtient un signal qui change en fonction de l'angle de rotation.

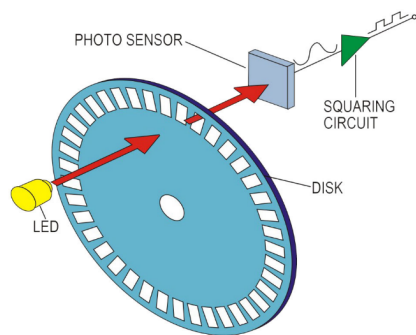


Figure 29²⁸ : Fonctionnement d'une roue à trous

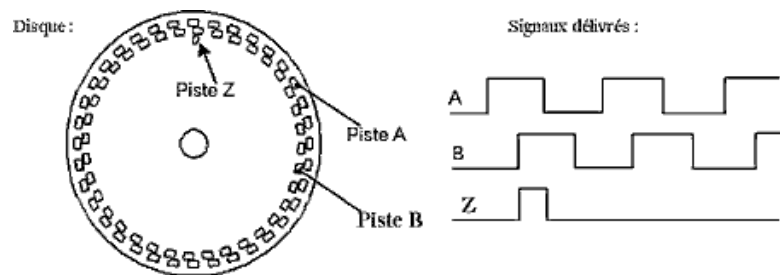


Figure 30²⁹ : fonctionnement d'un capteur incrémental

Avec deux voies décalées d'un quart de période, on obtient un signal capable de nous donner le sens de rotation et la vitesse de rotation.

²⁸ Source :

<https://www.motionsquare.fr/differences-codeur-incremental-et-absolu-lequel-choisir-sur-votre-moteur-electrique/>

²⁹ Source : <https://rco.fr.nf/index.php/2016/07/06/codeurs-et-robotique/>

- Pour la vitesse de rotation, il faut regarder la fréquence des signaux. Connaissant le nombre de trous pour une rotation, il suffit ensuite de faire $f = \frac{1}{n \times T}$ avec f la fréquence du signal, T la période du signal et n le nombre de trous en 1 tour.
- Pour obtenir le sens de la rotation, il faut regarder quel front est en premier. En fonction du décalage sur la roue on obtient :

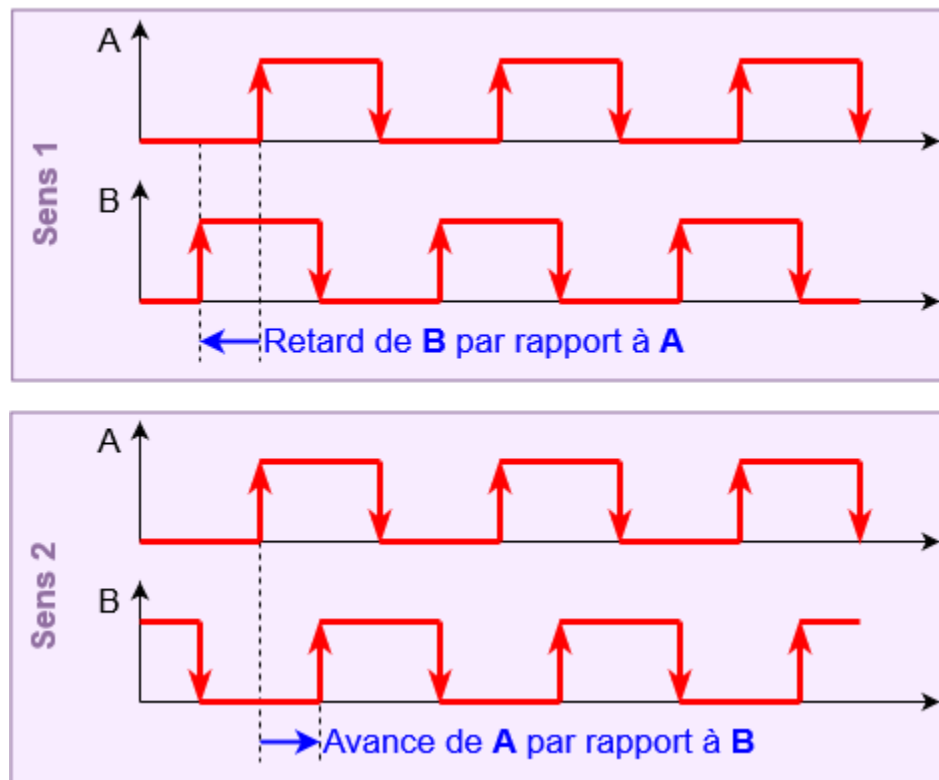


Figure 31³⁰ : Sens de rotation d'une roue en fonction de la position des fronts

³⁰ Source : <https://arduino.blaisepascal.fr/les-codeurs-incrementaux/>

2. Conversion des signaux

Pour utiliser ces signaux dans un système analogique il nous faut les convertir.

Pour avoir la vitesse de rotation, nous utilisons un filtre passe haut pour faire ressortir les pics et une diode en parallèle pour ne garder qu'un type de front, les fronts montant. On obtient ainsi des impulsions à chaque front montant et en prenant la valeur moyenne on a la vitesse de rotation. Pour le sens de rotation, nous utilisons un flip-flop D, en branchant l'un des signaux sur le D et l'autre sur l'horloge. On obtient directement le sens de rotation en fonction de la valeur de Q.

A ce jour, nous en sommes rendues à ce point pour le codeur incrémental.

Travail à faire

Pour terminer ce projet, il nous reste encore de nombreux points à réaliser, comme :

- La conception des circuits électroniques sur Proteus (choix des montages, simulations)
- Le dimensionnement des composants (choix des valeurs, des types d'AOP, la budgétisation)
- La réalisation d'un circuit imprimé (routage, tirage des cartes, soudure)
- Les tests de fonctionnement (tests limites, répétés)
- Les essais sur plaquettes (tests finaux)
- La présentation du projet

Ces points ne sont que les grandes lignes que ce qu'il nous reste à faire, cependant ils nous donnent une ligne directrice importante pour le projet.

Conclusion

Pour conclure ce rapport intermédiaire, il nous semble important de décrire ce que ce projet nous a apporté.

Dans un premier temps, une organisation. Un projet de cette ampleur demande de correctement prévoir ce que l'on va faire pour ne pas être surpris par le temps. On a donc réalisé un diagramme de Gantt et une répartition des tâches que l'on peut voir au début du rapport. De plus, nous avons aussi réalisé de nombreuses réunions et créé des canaux de communication dédiés au projet pour faciliter l'avancement hors des séances de cours.

Dans un second temps, une rigueur. De nouveau, l'ampleur de ce projet rentre en jeu, et cette fois dans l'empêchement de tâtonner pour trouver, il faut savoir ce que l'on fait et où cela nous mène. C'est donc ce qui nous a poussé à détailler le cahier des charges dès le début du projet et à réaliser de nombreuses simulations pour tester rapidement des systèmes. C'est aussi pour ça que nous avons opté pour un système de sauvegarde à double historique. D'une part avec un système de rangement des fichiers proposé par le professeur et gardant une trace de tous les fichiers quand ils fonctionnent sans jamais les modifier par la suite et cela dans un répertoire avec la date de la modification. D'autre part, les fichiers sont enregistrés sur Github, un service qui propose de revenir à toutes les versions d'un fichier et qui garde un historique de chaque modification avec un commentaire personnalisé. Ce dernier service nous a aussi permis de plus facilement partagé le travail que l'on faisait.

Enfin, dans un troisième et dernier temps, un apprentissage constant. En effet, ce projet nous a confronté à de nombreux aspects du génie électrique que nous ignorions avant. Que ce soit la prise en main de logiciel comme PSIM ainsi que la possible synergie entre les logiciels quand nous avons comparé les résultats des deux logiciels, PSIM et Matlab - Simulink, pour perfectionner nos modèles. Ou bien la mise en application de circuits électroniques dans un projet réel, comme la découverte sur système de conversion pour le codeur incrémental ou la mise en série de deux contrôleurs, systèmes que nous n'avions pas encore eu l'occasion de découvrir.

Cependant, ceci reste un rapport intermédiaire et même si nous avons déjà acquis de nouveaux savoirs, nous sommes conscient que nombre d'entre eux reste encore à découvrir.