

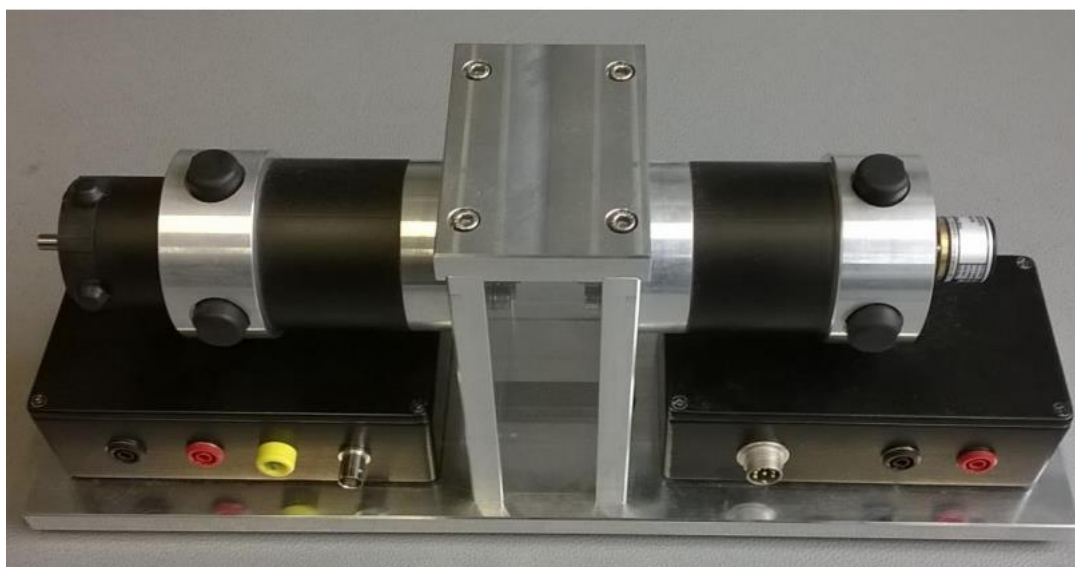


---

# PROJET GE1-GES7

---

Projet GE1-GES7



## Table des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>I. CAHIER DES CHARGES.....</b>	<b>3</b>
<b>II. PARTIE THÉORIQUE .....</b>	<b>7</b>
1. NOTIONS SUR LA MCC.....	7
2. ÉQUATIONS MOTEUR.....	9
3. SCHÉMA BLOC.....	10

## Introduction

Nous allons tout d'abord commencer par présenter l'objectif de ce projet pour pouvoir ensuite développer certaines parties essentielles à sa réalisation.

Le but de ce projet est de réaliser un asservissement d'une machine à courant continu (qu'on nommera MCC durant ce rapport). Pour être plus précis, nous allons réaliser deux asservissements : un asservissement de vitesse et un asservissement de courant (boucle interne de courant). Le but de ce projet est d'allier deux disciplines (l'électrotechnique (machines et électronique de puissance) et l'automatique) afin de réaliser un système décrit par un cahier des charges fixés.

La MCC (celle de gauche sur la photo, en moteur) sera alimentée par un hacheur. Ce dernier comporte un capteur de courant qui nous permettra de réaliser l'asservissement en courant. L'asservissement en vitesse comportera deux retours possibles. Nous avons à notre disposition une génératrice tachymétrique et un codeur incrémental.

L'ensemble du projet se résume en quatre parties majeures :

- Modélisation et simulation de la MCC et du hacheur sous PSIM et Matlab-Simulink. Pour les soucis informatives voir [dsin@insa-strasbourg.fr](mailto:dsin@insa-strasbourg.fr). Les deux simulations doivent donner des résultats « identiques » (superposables sur un même graphique) compte tenu des simplifications du modèle (sous Matlab le hacheur sera représenté par un gain, contrairement à Psim qui le simule finement).
- Dimensionnement des asservissements de courant et de vitesse (correcteurs et limitations)
- Réalisation d'un circuit imprimé
- Tests finaux, comparaison avec les simulations (superposables sur un même graphique, format .CSV compatible avec Excel pour les résultats expérimentaux) et conclusion

## I. Cahier des charges

Comme introduit auparavant, le but du projet est d'asservir en vitesse et en courant (**limitation de courant**) une machine à courant continu (celle de gauche : le moteur) avec charge (la génératrice de droite + rhéostat qui est connecté dessus). L'asservissement en vitesse se fera soit par un capteur tachymétrique soit par un codeur incrémental via un switch qui permet de sélectionner le capteur choisi. Quant à la boucle de courant, elle se fera par le capteur prévu à cet effet dans le module du hacheur.

Le cahier des charges nous autorise un dépassement en vitesse et en courant de 10 à 20%. Cette limite est primordiale pour le dimensionnement des correcteurs.

Dans un premier temps, effectuer les simulations logicielles à l'aide de PSIM et Matlab afin de comprendre et de modéliser correctement le système : si les résultats des deux simulations sont superposables, les deux simulations sont forcément correctes. On part du plus simple (moteur seul dans un premier temps) pour aller au plus compliqué (ensemble final avec les correcteurs **et tout et tout**) en ajoutant les éléments au fur et à mesure : on avance pas à pas, en validant chaque nouvelle étape : **Il est imposé de faire un répertoire par jour** de travail. Exemple « 12 septembre 2022 ». Faire autant de programmes matlab et Psim que de jours de travail et identifier chaque programme avec un nom explicite et une date, voire une heure. Exemple « moteur\_seul\_12sept\_11H08.m ». ne garder que les programmes qui fonctionnent, travailler sur un programme nommé « poub.m », lui attribuer un nom définitif quand il fonctionne. Ne jamais modifier un programme qui fonctionne, mais l'enregistrer sous poub.m

Puis, dimensionner les correcteurs afin d'asservir le courant et la vitesse pour pouvoir répondre au cahier des charges. Détaillons maintenant ce cahier des charges.

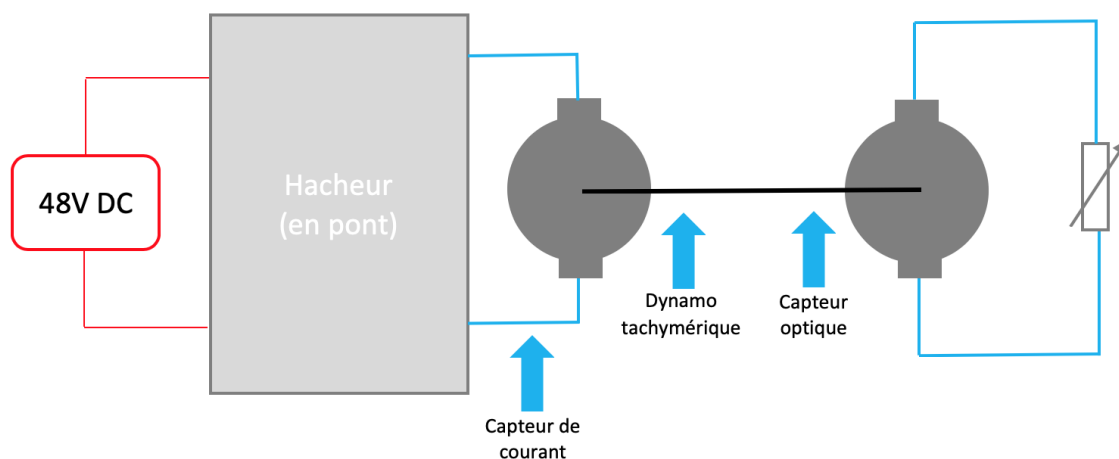
Pour la réalisation du projet, nous disposons d'un hacheur quatre quadrants comprenant le capteur de courant, un banc moteur comportant deux machines à courant continu couplées mécaniquement ensembles. L'une fonctionne en moteur et l'une fonctionne en génératrice (avec charge). La génératrice et la charge forment la **charge** du moteur.

De plus, une dynamo tachymétrique et un codeur incrémental sont mis à notre disposition afin de réaliser notre asservissement.

L'objectif est donc de réaliser une carte de commande permettant un asservissement en vitesse et en courant du système.

Pour ce faire, certains des composants, notamment les bornes et les connecteurs, seront fournis par la plateforme (bornes rouge, bleue, noire et quatre bornes BNC : mesure du courant, mesure de la vitesse, entrée consigne de vitesse, sortie vers le hacheur). Concernant la commande des autres composants vous avez un budget ne devant pas dépasser une somme de 25 euros par trinome.

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



Sur ce schéma nous pouvons mieux nous représenter le système complet. Le moteur sera alimenté par le hacheur qui, avec le capteur de courant, nous permettront d'ajouter une commande en courant. Le rhéostat sera la charge de la génératrice et l'ensemble rhéostat + génératrice formera la charge du moteur. Sur l'arbre moteur entraînant la génératrice, la dynamo tachymétrique et le capteur optique sont déjà en place. Ces deux capteurs nous permettront de connaître la vitesse de rotation du moteur et donc de réaliser un asservissement en vitesse par deux moyens différents.

La tension nominale de notre moteur est de 49V et le courant nominal est de 4,5A. Le courant de saturation ne devra pas être supérieur à 1,1 fois le courant nominal. Rappelons ici que le courant nominal est le courant pour lequel l'appareil a été dimensionné de manière à avoir le rendement optimal à cette valeur. De plus, le moteur a une force électromotrice de 13,3V pour 1000 tr/min. Sa vitesse nominale est de 3000 tr/min, donc nous allons devoir en tenir compte lors du dimensionnement afin de ne pas dépasser la vitesse maximale indiquée de 4800 tr/min.

Pour commencer, nous avons d'abord répertorié et planifié toutes les tâches nécessaires à effectuer afin de mener à bien notre projet. Pour ce faire, nous avons réalisé un **diagramme de Gantt**.

Voici ci-dessous notre diagramme initial résumant toutes les tâches en fonction des durées que nous avons estimées :

## Planification du projet GE1

Début du projet	37
-----------------	----

Durée du plan

**Début réel**

■ % accompli

 Réel (au-delà du plan)

% accompli (au-delà du plan)

[illegible]

Travail : 10 points



## II. Partie théorique

### 1. Notions sur la MCC

Une machine à courant continu est constituée de trois parties :

- Le stator ou l'inducteur
- Le rotor ou l'induit
- Le collecteur et les balais

Afin de mieux comprendre le principe du projet, nous allons évoquer quelques notions de base concernant une MCC.

Tout d'abord, la loi de Laplace est le principe de base du fonctionnement d'une MCC.

Rappelons ici sa définition :

- ➔ Tout conducteur traversé par un courant électrique et se trouvant dans un champ magnétique sera soumis à une force.

Une machine à courant continu a deux modes de fonctionnement :

- En mode moteur, l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique
- En mode générateur, l'énergie mécanique est convertie en une énergie électrique.

Détaillons maintenant les différentes parties du moteur.

- L'inducteur :

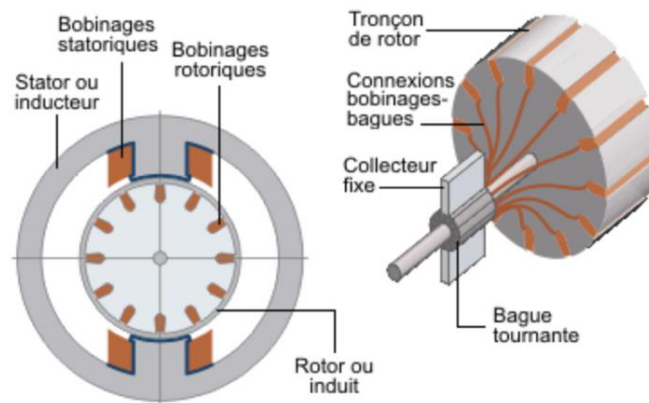
L'inducteur d'une machine à courant continu représente la partie statique du moteur. Il est constitué de paires de pôles qui ont pour but de créer un (ou plusieurs) champ magnétique, selon le nombre de paires de pôles.

- L'induit :

L'induit d'une MCC est composé d'un arbre sur lequel est monté des disques ferromagnétiques. Sur ces disques, des encoches sont placées et les enroulements (bobines de l'induit) sont bobinés. Pour que les enroulements soient parcourus par un courant, il faut que les conducteurs de départ et de retour soient reliés aux lames du collecteur. L'interface entre l'alimentation et le collecteur de l'induit est assuré par les balais.

Voici un schéma récapitulatif :





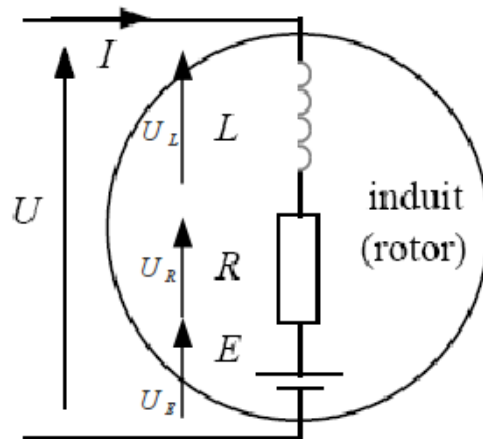
Après avoir présenté les notions essentielles concernant une MCC, voici la fiche technique de la machine que nous allons utiliser :

<i>Couple en rotation lente</i>	<b>0.54</b>	<i>N.m</i>	$M_o$
<i>Courant permanent rotation lente</i>	<b>4.5</b>	<i>A</i>	$I_o$
<i>Tension d'alimentation de définition</i>	<b>49</b>	<i>V</i>	$U$
<i>Vitesse de définition</i>	<b>3000</b>	<i>tr/mn</i>	$N$
<i>Tension maximale</i>	<b>65</b>	<i>V</i>	$U_{max}$
<i>Vitesse maximale</i>	<b>4800</b>	<i>tr/mn</i>	$N_{max}$
<i>Courant impulsionnel</i>	<b>13</b>	<i>A</i>	$I_{max}$
<i>Fem par 1000 tr/mn (25°C)</i>	<b>13.3</b>	<i>V</i>	$K_e$
<i>Coefficient de couple électromagnétique</i>	<b>0.127</b>	<i>N.m/A</i>	$K_t$
<i>Couple de frottement sec</i>	<b>2.4</b>	<i>N.cm</i>	$T_f$
<i>Coefficient de viscosité par 1000tr/mn</i>	<b>0.53</b>	<i>N.cm</i>	$K_d$
<i>Résistance du bobinage (25°C)</i>	<b>1.52</b>	$\Omega$	$R_b$
<i>Inductance du bobinage</i>	<b>2.2</b>	<i>mH</i>	$L$
<i>Inertie rotor</i>	<b>0.000083</b>	<i>kg.m<sup>2</sup></i>	$J$
<i>Constante de temps thermique</i>	<b>7</b>	<i>min</i>	$T_{th}$
<i>Masse moteur</i>	<b>1.34</b>	<i>kg</i>	$M$

La vitesse du moteur est de 3000 tr/min et comporte deux paires de pôles.

## 2. Équations moteur

Voici le schéma équivalent d'un moteur à courant continu. À partir de ce schéma, nous pouvons écrire les équations du moteur.



(le cercle indique l'induit soit le rotor)

Voici les différentes équations régissant du moteur :

- $u(t) = e(t) + R.i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$
- $J \cdot \frac{dw}{dt} = Cm(t) - Cch(t) - f.w(t)$
- $e(t) = Ke.w(t)$
- $Cm(t) = Kc.i(t)$

En appliquant la transformée de Laplace, on obtient :

- $U(p) = E(p) + R.I(p) + p.LI(p)$
- $Jp\Omega(p) = Cm(p) - Cch(p) - f.\Omega(p)$
- $E(p) = Ke.\Omega(p)$
- $Cm(p) = Kc.I(p)$

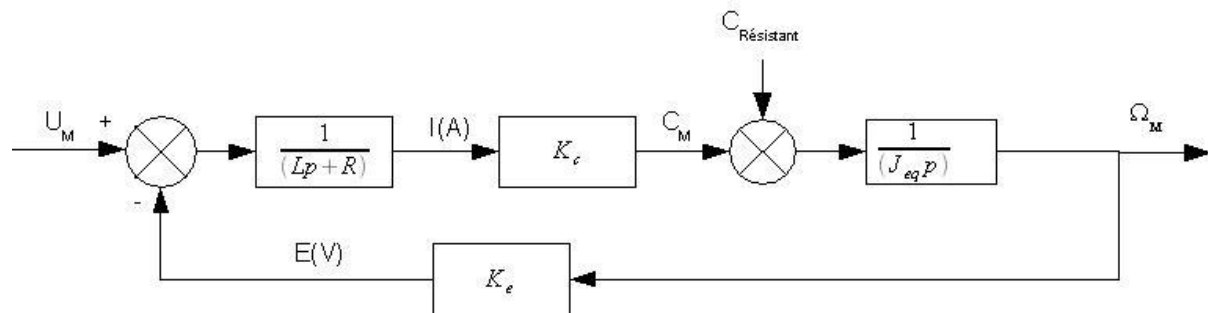
D'où :

- $I(p) = \frac{U(p) - E(p)}{R + Lp}$
- $E(p) = Ke.\Omega(p)$
- $Cm(p) = Kc.I(p)$
- $\Omega(p) = \frac{Cm(p) - Cch(p)}{Jp + f}$

Ces équations du moteur seront utilisées tout au long du projet et nous serviront lors de nos modélisations et de nos simulations.

### 3. Schéma bloc

Nous pouvons donc établir à l'aide de ces équations, le schéma bloc suivant :



Ce schéma bloc représente un modèle d'une machine à courant continu.