

## S2 Chaîne d'énergie

S22 Distribuer et moduler l'énergie  
S23 Convertir l'énergie

B2 Proposer un modèle de connaissance et de comportement  
C1 Choisir une démarche de résolution

## 1. Introduction

Lors des démarrages, les machines asynchrones appellent un courant très important au réseau. Ces courants peuvent être très gênants voir dangereux dans certains cas. En effet, les protections en amont de la machine doivent être dimensionnées pour supporter ces courants. De plus, si la machine est alimentée par un convertisseur statique, ses interrupteurs devront être capables également d'accepter ces courants entraînant ainsi un surdimensionnement des semi-conducteurs de puissance.

On se propose dans ce TP de déterminer la cause de ces courants importants au démarrage et ensuite de les limiter par diverses méthodes qui si possible ne devront pas entraîner une diminution du couple.

Pour l'étude de ces phénomènes transitoires, vous utiliserez une version d'évaluation gratuite du logiciel PSIMDEMO et proposé sur Internet par la société canadienne POWERSIM TECHNOLOGIES à l'adresse :

[www.powersimtech.com](http://www.powersimtech.com)

Ce logiciel est commercialisé pour la France par la société Semikron à Sartrouville.

Le pack fourni comprend :

1. Une quarantaine d'exemples dont un bon nombre sont simulables avec la version démo
2. Un exécutable SIMCAD.EXE pour dessiner l'application
3. Un exécutable PSIM.EXE pour simuler le fonctionnement de l'application
4. Un exécutable SIMVIEW.EXE pour afficher les courbes de l'application.

Le logiciel combine avantageusement pour les élèves la représentation structurelle pour la partie puissance et la représentation fonctionnelle pour la partie commande. Des blocs d'interface pour la commande des semi-conducteurs ; le renvoi des grandeurs courant, tension, vitesse et couple créent les liens entre les 2 parties et permettent l'élaboration de commandes asservies. Des appareils de mesure ampèremètre, voltmètre, wattmètre permettent la visualisation des grandeurs électriques.

## 2. Préparation

Vous devrez rédiger un compte rendu de votre travail et le renvoyer en **\*pdf** à la fin de séance à l'adresse mail suivante : [grandguillaume.sii@gmail.com](mailto:grandguillaume.sii@gmail.com). (Ex de nom à donner : TP-MonteCharge-Nom1-Nom2.pdf)

- a. **Donner** l'allure de la caractéristique couple-vitesse de la machine asynchrone. Précisez dans le plan  $C(\Omega)$ , l'évolution du point de fonctionnement lors de la phase de démarrage.
- b. **Rappelez** l'expression des grandeurs particulières que sont  $C_{e_{max}}$  et  $g_m$  (glissement pour lequel on a  $C_{e_{max}}$ ).
- c. **Quelle est** la vitesse des champs tournants vu du stator à 50Hz si la machine possède 6 pôles ?

### 3. Présentation du système étudié

Le treuil sur lequel s'enroule le câble supportant la cabine du monte-charge est entraînée par l'intermédiaire d'un réducteur par une machine asynchrone à cage. Le stator de la machine est alimenté par un ensemble redresseur PD3 à diodes - condensateur de filtrage - convertisseur continu / alternatif.

Les différentes parties peuvent être traitées indépendamment les unes des autres. Certaines valeurs données dans la partie I sont utiles dans la partie II.

Le principe de l'installation est représenté ci-dessous figure 1.

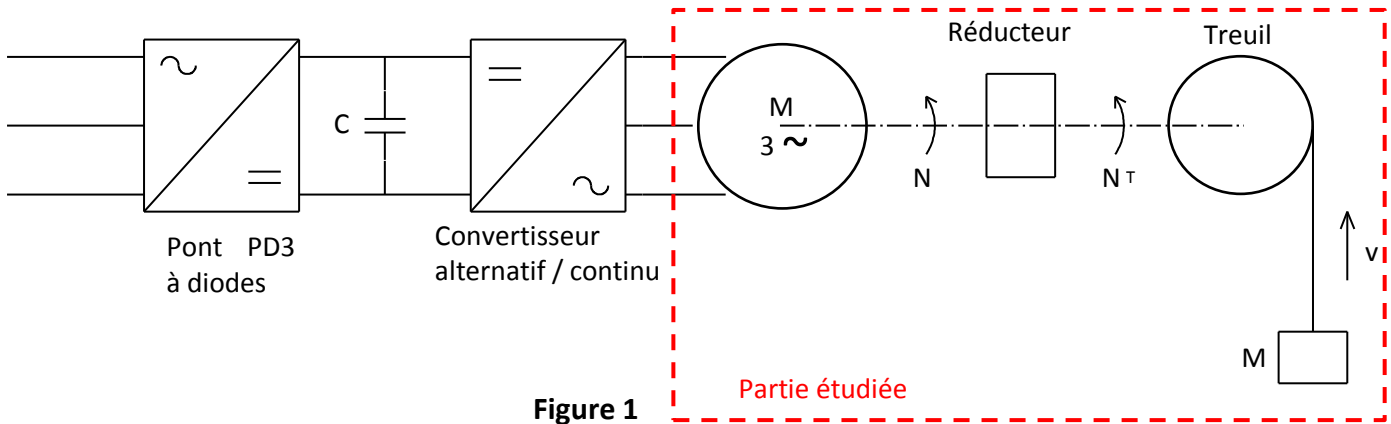


Figure 1

La plaque signalétique de la machine porte les indications suivantes :

$$400 \text{ V} / 690 \text{ V} - 50 \text{ Hz} - 15 \text{ kW} - 1\,000 \text{ tr.min}^{-1}$$

La machine est alimentée par un système triphasé équilibré de tensions sinusoïdales de fréquence  $f$  ; on note  $V$  la valeur efficace des tensions simples et  $g$  le glissement.

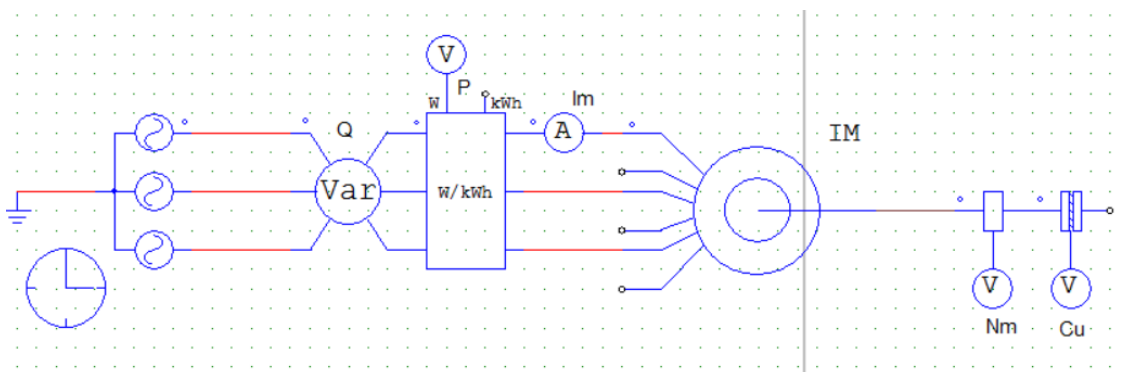
#### 3.1. Objectifs du TP

Ce TP a pour objectifs de réaliser un bilan de puissance d'une machine asynchrone triphasée selon les modes de démarrages envisagés et d'en réaliser une conclusion quant à la stratégie à adopter.

#### 3.2. Réalisation du modèle

Les résultats des simulations ainsi que vos commentaires seront envoyés à la fin de la séance à l'adresse suivante : [grandguillaume.sii@gmail.com](mailto:grandguillaume.sii@gmail.com) , dans un fichier à votre nom et au format pdf.

- ✓ Compte tenu des informations de la plaque signalétique du moteur, préciser le couplage à réaliser si le réseau disponible est 230 V / 400 V. **Justifier** correctement votre réponse.
- ✓ **Réaliser** le modèle proposé ci-après correspondant au monte-charge en vous aidant de ce qui suit.

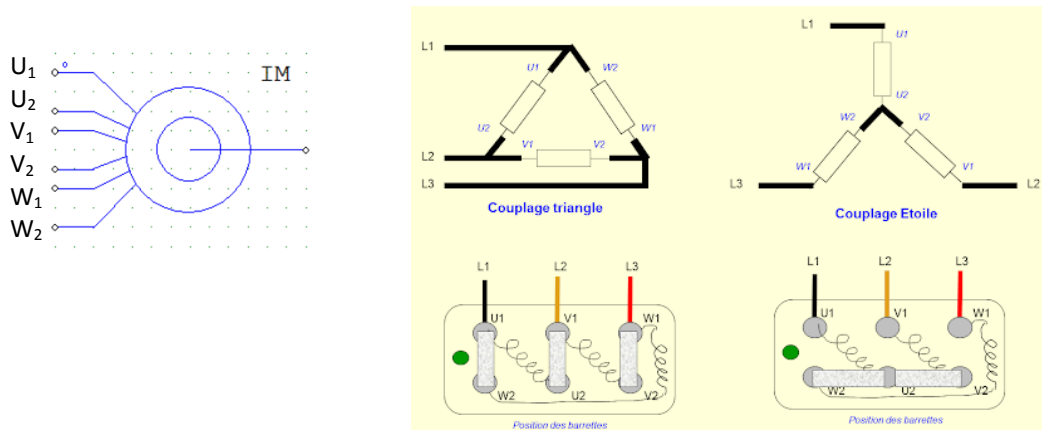


- ✓ Dans le logiciel PSIM prendre dans le menu *Elements* puis les sous-menus *Power* et *Motor drive module* une machine asynchrone de type **Squirrel-cage Ind.machine**.

**Modifier** les différentes valeurs des paramètres de cette machine :

**$R_s = 0.4 \Omega$  -  $L_s = 1 \text{ mH}$  -  $R_r = 0,28 \Omega$  -  $L_m = 50 \text{ mH}$  -  $L_r = 5.5 \text{ mH}$  -  $J = 0.19 \text{ kg.m}^2$**

- ✓ **Relier** la machine à un réseau de tensions triphasés d'amplitude nominale 400 V (il s'agit de U) et de fréquence 50 Hz. : menu *Elements* puis *Source, Voltage* et choisir 3-ph Sine.
- ✓ **Insérer** entre le réseau et la machine des éléments de mesures des puissances (P et Q) et du courant moteur ( $I_m$ ) : *Elements \ Other \ Probes*.
- ✓ **Insérer** des capteurs de vitesse et de couple utile : *Elements \ Power \ Mechanical Loads and Sensors*.
- ✓ **Réaliser** le couplage nécessaire, vous pourrez vous aider de la figure ci-dessous.



- ✓ **Insérer** l'horloge qui permet de contrôler le temps de simulation et le pas de calcul : Menu *Simulate* puis cliquez sur **Simulation Control** et placez l'horloge sur la page de travail.

Régler les paramètres à :

- time step =  $2.10^{-4} \text{ s}$ ,
- total time = 1 s,
- print step = 1

- ✓ **Enregistrer** votre travail sous le nom par exemple : « DemDirectAVide.psimsch »

### 3.2. Etude du démarrage à vide

**Lancer** une simulation et tracer sur deux graphes différents mais sur la même image :

- le courant moteur :  $I_m$
- la vitesse moteur :  $N_m$

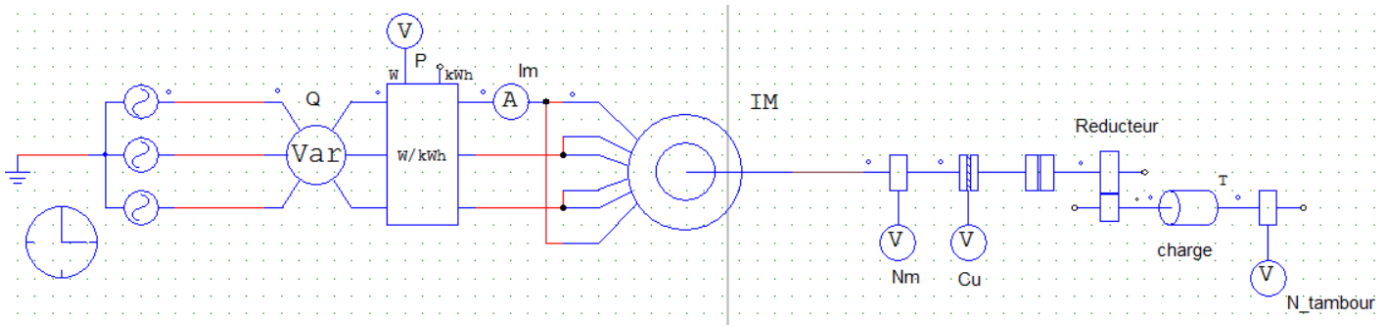
- 👉 **Relevez** l'amplitude maximale (Measure\max) du courant de démarrage ainsi que sa durée (temps nécessaire pour atteindre la vitesse nominale).
- 👉 **Relevez** l'amplitude de la vitesse du moteur en régime stabilisé. Cette valeur correspond-elle à la valeur calculée dans la partie « préparation » ?

**Lancer** une simulation et tracer sur deux graphes différents mais sur la même image :

- la puissance active : P
- la puissance réactive : Q

- 👉 **Relevez** les valeurs de P et Q lors de cet essai en régime établi, **modifier X** (en cliquant dessus dans le menu) et faites-le commencer à 0.2s puis relevez les valeurs efficaces (Menu : Analysis \ RMS).
- 👉 **A quelles pertes** chacune de ces puissances correspondent-elles respectivement ?

### 3.3. Etude du démarrage en charge



- ✓ Enregistrer votre modèle sous un autre nom, par exemple : « DemDirectEnCharge.psimsch »
- ✓ Insérez la charge mécanique à entraîner : menu *Elements\Power\Mechanical Loads and Sensors* prendre **Mechanical coupling block**, puis **gear box** et enfin **Mechanical Load (constant-torque)** puis à nouveau un capteur de vitesse (N\_tambour).
- ✓ Sachant que la charge à soulever est 2500 kg, que le diamètre d'enroulement du tambour est 30 cm et que le rapport de réduction est 1/40, **rentrer les paramètres nécessaires** dans « charge » et « réducteur ».
- ✓ **Lancer** à nouveau la simulation, et **tracer** les mêmes graphes que précédemment (Im, Nm, P et Q). **Réaliser** les mêmes relevés que précédemment.
- ✓ **Qu'observez-vous** sur l'amplitude du courant de démarrage et sur sa durée ? **Justifiez** les phénomènes observés par un raisonnement physique.
- ✓ **Relever** les valeurs en régime établi de Im, Nm, P, Q, puis déterminer le facteur de puissance et le glissement.
- ✓ **Calculer** le rendement pour ce point de fonctionnement.
- ✓ **Mettre** vos résultats dans un tableau récapitulatif.

### 3.4. Démarrages sous tension réduite.

Pour limiter le courant de démarrage, une méthode consiste à diminuer la tension d'alimentation.

#### a) Fonctionnement à vide.

**Placer** le couple résistant à zéro et régler la tension d'alimentation à 230V.

**Relancer** la simulation et observer :

- l'amplitude et la durée du courant de démarrage,
- la durée de démarrage,
- les puissances P et Q
- la valeur Nm en régime établi

Comparer les résultats obtenus par rapport au démarrage sous pleine tension.

#### b) Fonctionnement en charge

Sous tension réduite, le couple résistant ne peut alors pas dépasser dans notre cas la valeur de 3500 N.m (contre les 3750 N.m déterminés précédemment). Mette le couple résistant à 3500 N.m et relancer la simulation.

**Qu'observez-vous** sur l'évolution de la vitesse ?

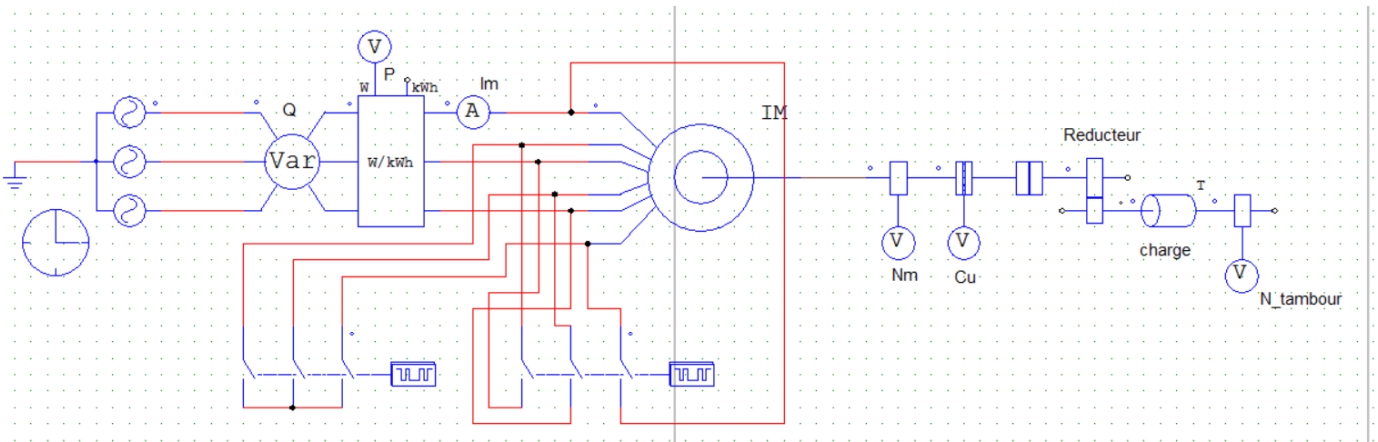
**Conclure** sur les avantages et inconvénients de cette méthode de diminution du courant de démarrage.

### 3.4. Démarrage étoile-triangle.

La méthode précédente, présente l'inconvénient de nécessiter l'utilisation d'une source de tension triphasée réglable. Si on ne dispose pas d'une telle source de tension, et si en fonctionnement normal, la machine asynchrone est couplée en triangle, on peut alors faire un démarrage étoile triangle. Cette méthode consiste à coupler les enroulements statoriques en étoile pour le démarrage (ce qui entraîne une diminution de la tension dans un rapport  $\sqrt{3}$ ). Une fois la machine démarrée, on couple alors les enroulements en triangle pour un fonctionnement normal.

- ✓ **Enregistrer** votre modèle sous un autre nom, par exemple : « DemEtoileTriangle.psimsch »
- ✓ **Placer** au niveau des bornes de couplage de la machine asynchrone deux systèmes de 3 interrupteurs (menu *Elements* puis les sous-menus *Power* et *Switches* prendre **3-ph-Bi-directional Switch**). Le premier système devra permettre un couplage étoile des enroulements et le deuxième un couplage triangle.

Chaque système de 3 interrupteurs sera commandé par un **Gating block** que l'on trouvera dans la barre d'éléments située au bas de la page de travail.



Pour le bloc de commande des enroulements en étoile, entrer :

- Fréquency : 0.2Hz,
- No. of points : 2
- Switching points : 0 180.

Pour le bloc de commande des enroulements en triangle, entrer :

- Fréquency : 0.2Hz,
- No. of points : 2
- Switching points : 180 360.

### Modifier les paramètres de simulation (horloge) :

- total time = 2s
- print step = 1

- ✓ **Placer** le couple résistant à zéro et la tension d'alimentation à 400 V puis **relancer** la simulation et faire la même étude que précédemment :
  - l'amplitude et la durée du courant de démarrage
  - le courant  $I_m$  en régime établi
  - les puissances  $P$  et  $Q$
  - calcul de  $S$ ,  $\cos \phi$ , rendement, glissement ...
- ✓ **Comparer** les résultats obtenus par rapport au démarrage sous pleine tension.
- ✓ Que se passe-t-il si on remplace le couple résistant de 3500 N.m ? **Refaire** l'étude.

### 3.6. Conclusion.

**Rassembler** dans un tableau récapitulatif (à vide et en charge), pour les différentes méthodes étudiées, les valeurs de :

- l'amplitude du courant de démarrage,
- temps de démarrage
- puissances P, Q et S
- $\cos \phi$
- rendement
- glissement

**Conclure** en comparant ces différentes données.