

L'objectif de ce TP est de mettre en œuvre les **modèles numériques évolutifs** des différentes structures d'alimentation et conversion de l'énergie électrique, en particulier celle associées aux machines (MCC, MAS, MS).

La modification des caractéristiques des grandeurs de commande ou des constituants permettra de **transposer les modèles proposés aux contextes réels différents** que vous pourrez rencontrer (TIPE, modélisation de systèmes...).

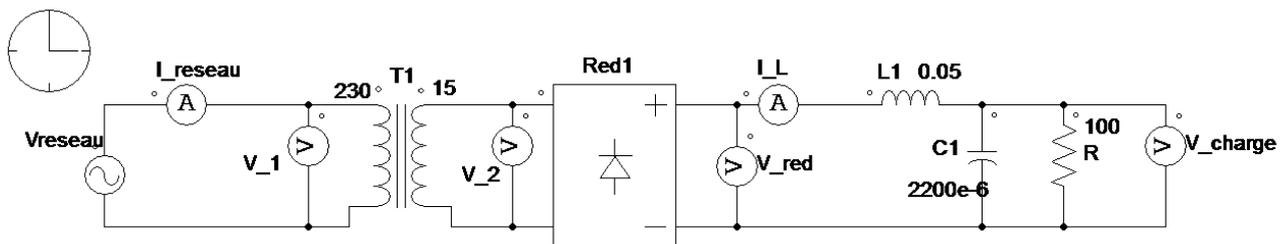
Dans un second temps **les performances de 2 structures réelles seront observées et évaluées par la mesure.**

Les mesures permettront de **confronter le modèle à la réalité** du système proposé

Les modèles vous permettront de mieux **analyser le comportement** de ces structures et de **dimensionner les éléments** en observant les contraintes qu'ils subissent lors de leur fonctionnement.

## A. Redresseur fixe type PD2

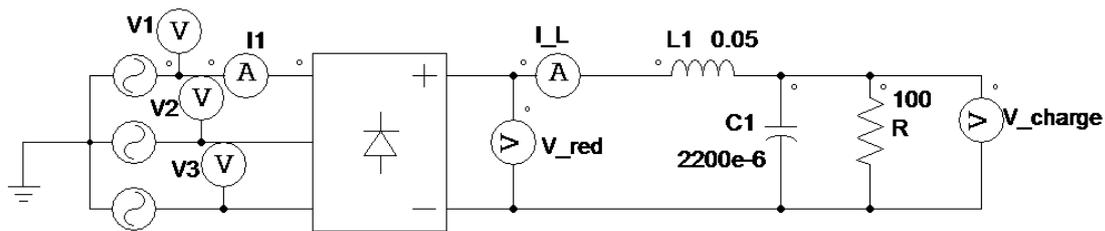
Schéma et modèle PSIM proposé



- 1) Donner le nom et les 2 rôles joués par T1 et définir de 2 façons son rapport de transformation en tension.
- 2) Donner le nom et rôle joué par Red1 et détailler son schéma de structure interne, donner la fréquence du signal issu de ce redresseur pour un réseau de fréquence  $f = 50\text{Hz}$ .
- 3) Exprimer la fonction de transfert en complexe ( $V_{\text{charge}} / V_{\text{red}}$ ) du filtre LC et de sa charge R sous forme canonique. Exprimer le **coefficient statique  $K_0$** , la **fréquence propre  $f_0$**  et le **coefficient d'amortissement  $m$**  de cette fonction de transfert.
- 4) Calculer  $f_0$  et indiquer ce qui peut se passer si le spectre de la tension redressée  $V_{\text{red}}$  comporte cette fréquence.
- 5) Ouvrir le fichier « Transfo PD2\_rlc.psimsch » et lancer la simulation 
- 6) Ouvrir la fenêtre d'affichage des résultats  et afficher dans la même fenêtre  $V_1$  et  $V_2$  puis dans une seconde fenêtre ,  $V_{\text{red}}$  et  $V_{\text{charge}}$ , puis à partir des relevés :
  - a. Retrouver le rapport de transformation du transformateur
  - b. Relever la valeur moyenne de la tension de sortie, son ondulation absolue et sa valeur relative par rapport à la moyenne.
  - c. Conclure quant au bon fonctionnement de la structure pour réaliser une source continue à partir du réseau alternatif 50Hz.

## B. Redresseur fixe PD3

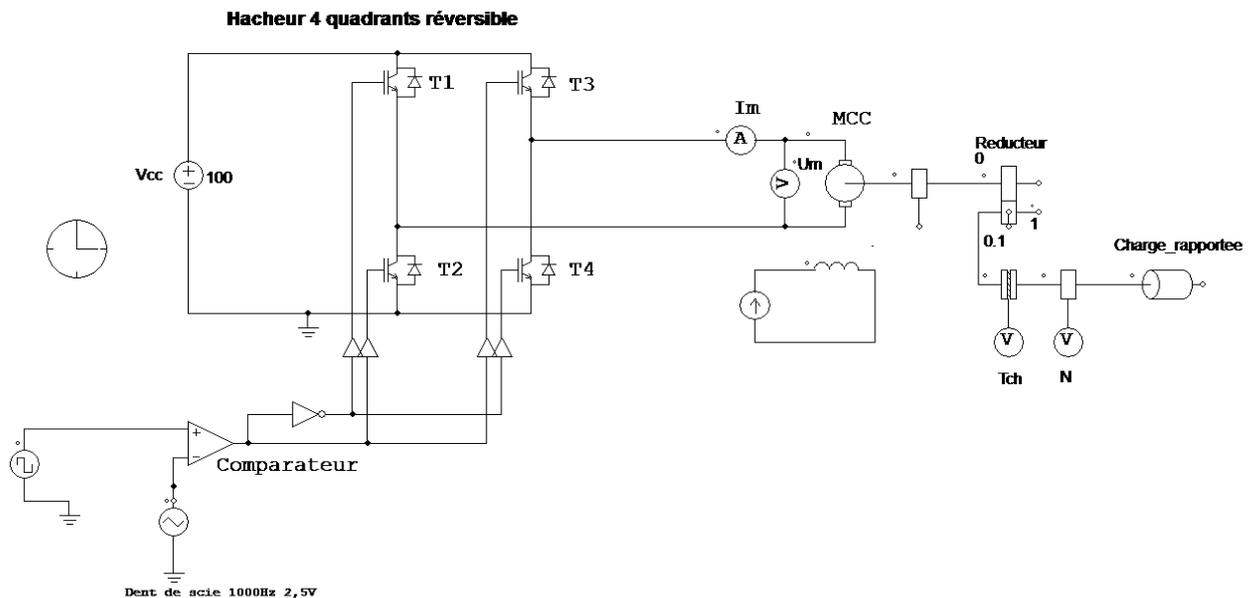
Schéma et modèle PSIM proposé



- 7) Ouvrir le fichier « PD3\_rlc.psimsch » et vérifier les caractéristiques de la source triphasée qui doit correspondre à un réseau triphasé 50Hz de tension 400V efficace entre phases.
- 8) Lancer la simulation , ouvrir la fenêtre d'affichage des résultats  et afficher dans la même fenêtre les tensions V1, V2 et V3, puis dans une seconde fenêtre , V\_red et V\_charge, et à partir des relevés :
  - a. Retrouver la valeur maximale de la tension V1 qui s'affiche et déduire la valeur maximale de la tension composée U12.
  - b. Indiquer la fréquence de la tension redressée et sa période en radian.
  - c. Mettre en place l'intégrale permettant de déterminer sa tension moyenne et montrer qu'elle est égale à  $\langle V_{red} \rangle = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot V}{\pi}$ .

## C. MCC et hacheur 4Q

Schéma et modèle PSIM proposé

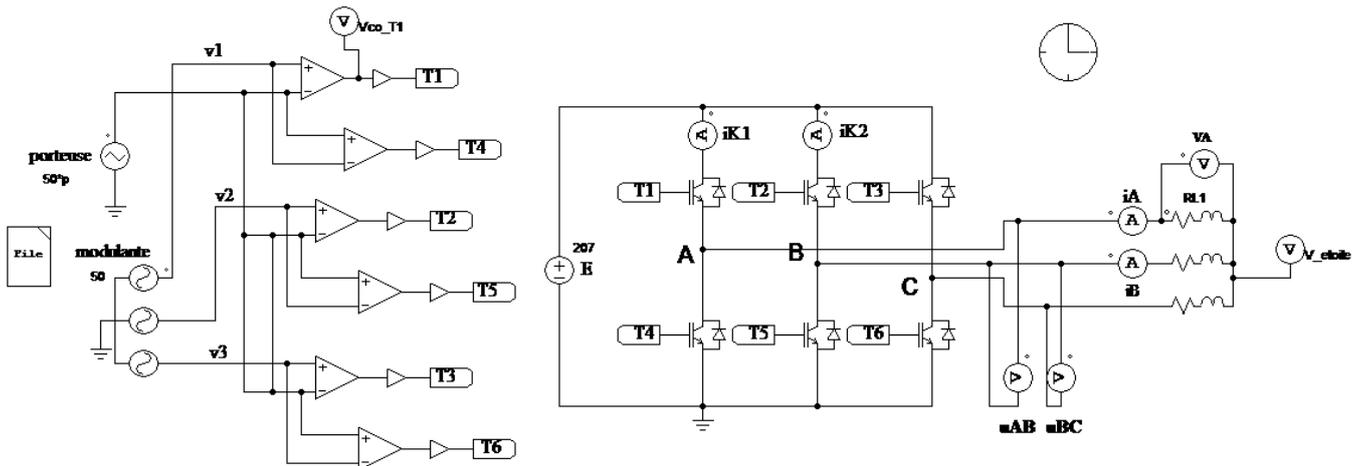


La charge mécanique correspond à un couple résistant qui s'oppose toujours au sens de rotation du moteur [Crésistant = - sign (Ω).Cr].

- 9) Ouvrir le fichier « MCC\_hach\_4Q.psimsch » et lancer la simulation.
- 10) Ouvrir la fenêtre d'affichage des résultats  et afficher dans quatre fenêtres distinctes et dans l'ordre : **Um ; Im ; N et Tem.**
- 11) Analyser la réponse générale de la machine pour la **vitesse N et le couple Tem** et justifier le fonctionnement dans les différents quadrants.
- 12) Utiliser la fonction ZOOM  dans une zone permettant de détailler le passage d'un quadrant à un autre pour le courant Im(t) et la tension Um(t).
- 13) Analyser ces signaux pour justifier le comportement électrique et mécanique de la machine.

## D. Onduleur triphasé MLI

### Schéma et modèle PSIM proposé



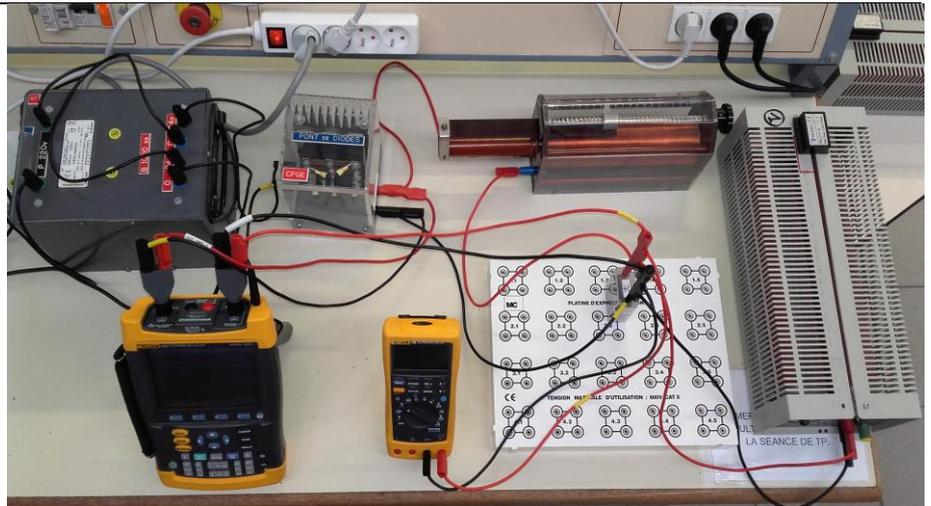
- 14) Ouvrir le fichier « ond\_tri\_mli.psimsch »
  - a. identifier les éléments suivants : Bus continu ; sorties à tension alternative ; cellule de commutation
  - b. Expliquer ce que veut dire « signal alternatif » et « onde MLI ».
- 15) Lancer la simulation , ouvrir la fenêtre d'affichage des résultats  et afficher dans quatre fenêtres distinctes et dans l'ordre : uAB ; iA ; uBC ; iB.
- 16) Expliquer alors les relations entre les signaux suivants :
  - a. entre uAB et uBC (forme, fréquence de l'onde fondamentale, de découpage, déphasage...).
  - b. entre uAB et iA selon la nature de la charge (forme, fréquence de l'onde fondamentale, de découpage, déphasage...).
- 17) On retrouve dans le schéma à gauche les mots « porteuse » et « modulante ». Expliquer ce qu'ils signifient pour les signaux que vous avez obtenu dans la question précédente.
- 18) Ouvrir les sources (double clic rapide) « modulante » et « porteuse » ainsi que le bloc « file ». On trouve les paramètres m et p dans ces 3 éléments avec des valeurs prédéfinies. Indiquer à quoi correspondent ces valeurs et observer leur action en les modifiant d'un rapport 2.
- 19) La valeur de source E étant égale à 309V, indiquer comment est réalisée la source continue à partir d'un réseau triphasé + neutre 230/400V avec redresseur et filtre LC, quant au type de redresseur PD2 ou PD3. Justifier.
- 20) Agir alors dans « file » sur le paramètre m, le passer à 1 puis à 2 et observer l'évolution de uAB et de sa valeur efficace (rms).
- 21) Modifier la source E pour qu'elle corresponde à la tension obtenue en sortie de PD3 sous 400V entre phases. Agir sur m et montrer que m = 1 permet de retrouver la tension efficace entre phases du réseau.
- 22) Si l'onduleur est relié à une machine asynchrone dont on néglige les pertes au stator, indiquer comment diviser la vitesse de la machine par 2 tout en conservant son couple constant. Mettre en pratique les réglages à effectuer sur le modèle PSIM.

## E. Mise en œuvre de mesures sur les convertisseurs

### 1. Redresseur PD2 après transformateur (montage équivalent au modèle et à l'étude A dans PSIM)

**Savoir identifier les éléments réels :**

- 1 : arrivée du réseau alternatif et caractéristiques
- 2 : transformateur (primaire et secondaire)
- 3 : redresseur à diodes de puissance (entrée et sortie)
- 4 : inductance de lissage
- 5 : capacité (polarités si électrochimique)
- 6 : charge résistive

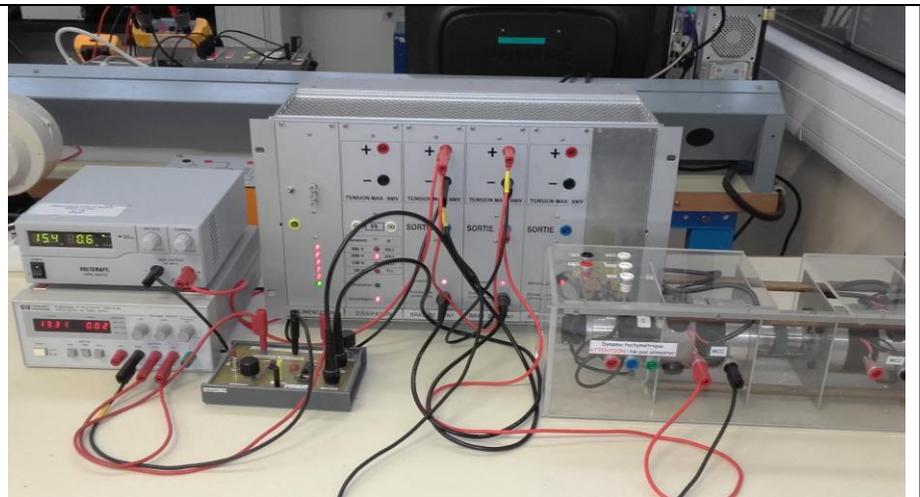


- 1.1. Mettre en œuvre la mesure du rapport de transformation  $m$  du transformateur :
  - Proposer un protocole<sup>1</sup> et un schéma de mesure respectant la sécurité des personnes.
  - Etablir la valeur de  $m$
- 1.2. Déterminer l'ondulation de tension résiduelle  $\Delta U$  en sortie du montage aux bornes du condensateur C en valeur absolue (V) et en valeur relative (%) de la tension moyenne de sortie.
  - Proposer un protocole et un schéma de mesure respectant la sécurité des personnes.
  - Etablir la valeur de  $\Delta U$  (V et %).

### 2. Hacheur 4Q et MCC (montage équivalent au modèle et à l'étude C dans PSIM)

**Savoir identifier les éléments réels :**

- 1 : source continue de puissance et caractéristiques
- 2 : structure de puissance du hacheur 4Q
- 3 : interface de commande des transistors et réglages (fréquence de découpage et rapport cyclique)
- 4 : Machine électrique MCC et technologie (aimants...)
- 5 : Capteur de vitesse de la MCC
- 6 : Capteur de position angulaire du rotor MCC



- 2.1. Mettre en œuvre l'observation du courant  $i_M(t)$  et de la tension  $u_M(t)$  aux bornes de la MCC respectant la sécurité des personnes, en prévoyant une visualisation :
  - en mode « roll » au fil du fonctionnement établi
  - en mode « mono coup » ou « single shot » pour une acquisition d'un événement fugitif ou non répétitif.

La prise en compte des coefficients de sonde, le réglage d'offset, la préparation des réglages de l'oscilloscope sont des compétences pratiques importantes et utiles...

- 2.2. Faire fonctionner la machine dans ces **2 quadrants moteurs** et justifier ces quadrants en observant les signaux électriques aux bornes du moteur.
- 2.3. A partir des éléments dont vous disposez sur le poste de travail, proposer une solution pour amener la machine électrique raccordée au hacheur dans un **mode générateur** et indiquer si la source permet cette réversibilité.

<sup>1</sup> Protocole de mesure : fournir un schéma avec repères des grandeurs mesurées, liste de matériel et réglages clés de ce matériel. Etre capable d'expliquer la méthodologie de mesure et la façon d'établir le résultat attendu (relation...).