

Présentation du logiciel de simulation PSIM

1. Installation du logiciel

PSIM fonctionne sous Window 95/98/NT/2000/XP, la mémoire vive minimale recommandée est de 16MB. PSIM est un logiciel de simulation pour l'électrotechnique et l'électronique de puissance. Il est disponible sur Internet sur le site de POWERSIMTECH à l'adresse www.powersimtech.com.

Pour l'installer il suffit de décompresser le dossier Psimdemo.

Ce dossier, outre le logiciel, comprend des applications, elles ne fonctionnent pas toutes avec la version de démonstration.

Limitations de la version de démonstration.

Les circuits simulés sont limités à 34 éléments. Il n'est pas possible de créer de sous-circuit. Les courbes sont limitées à 6000 points.

Le logiciel PSIM est constitué de trois programmes :

- SIMCAD : Dessin du schéma
- PSIM : Simulation (Calcul des variables)
- SIMVIEW : Tracé des courbes

La simulation d'un circuit peut se décomposer en 4 étapes :

Dessin du schéma de montage

Entrée des valeurs des éléments du montage et des paramètres de simulation

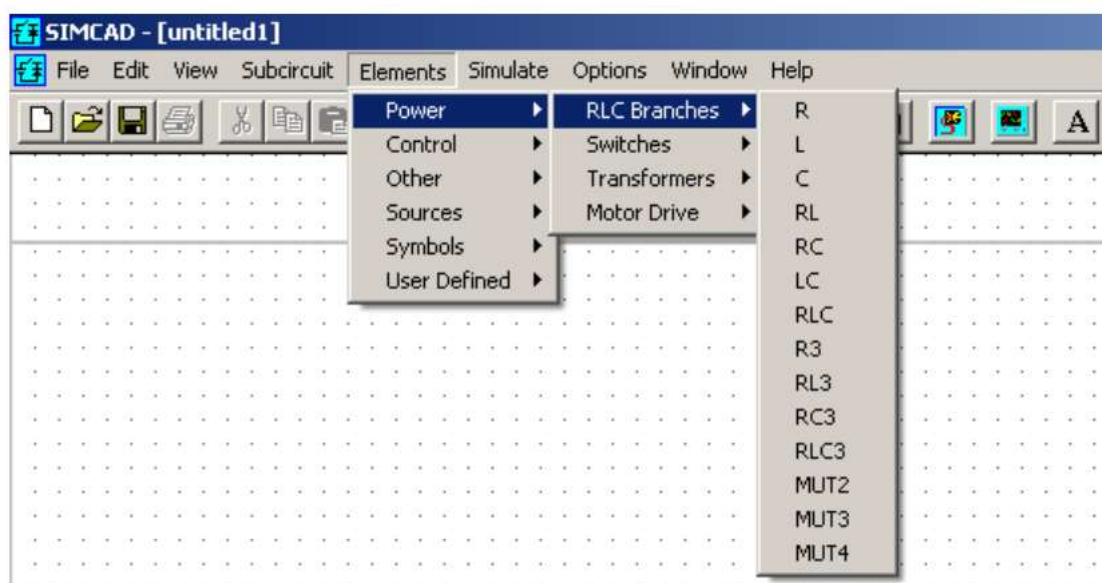
Calcul

Exploitation.

2. Contenu des bibliothèques

- Power : R, L, C, interrupteurs, transformateurs et moteurs
- Control : Filtrés, fonctions analogiques et logiques ...
- Other : Commande des interrupteurs, capteurs, sondes de courant et de tension.
- Sources : Sources de courant, de tension
- Symbol : Flèche.

Les contenus des bibliothèques sont accessibles depuis le menu du haut comme indiqué ci-dessous :



Les éléments les plus courants sont directement accessibles à partir des icônes situées en bas de l'écran.



3. Sélection et placement

Pour sélectionner un composant, cliquer sur l'icône en bas de l'écran ou prendre ce composant dans la bibliothèque : " Eléments ". Déposer ensuite l'élément à l'endroit souhaité grâce à la souris.

Pour choisir l'orientation du composant, 2 méthodes sont possibles :

Avant de placer le composant, un clic sur le bouton droit de la souris provoque la rotation de l'élément.

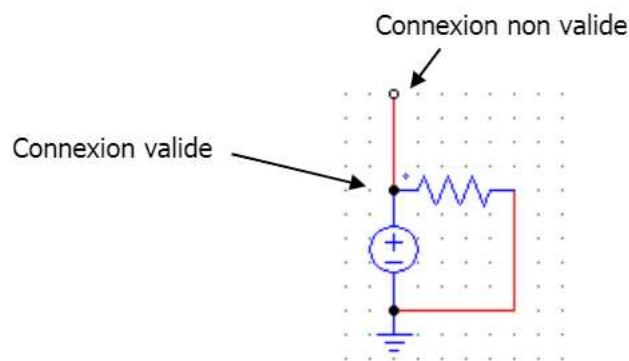
Si le composant est déjà placé, il faut sélectionner le composant (simple clic) ; il apparaît alors un cadre autour du composant. L'orientation de l'élément peut alors être modifiée à partir du menu " Edit ", " Rotate "(rotation à gauche de 90°) ou " Flip "(retournement).

Pour désélectionner le composant il faut cliquer sur le bouton :  ou sélectionner un autre composant.

4. Connexion des composants

Les liaisons électriques entre les composants s'effectuent également à la souris après avoir choisi l'outil de connexion " Wire ". 

Une connexion valide entre plusieurs composants est matérialisée par un point sombre. Un cercle blanc correspond à une borne non reliée.

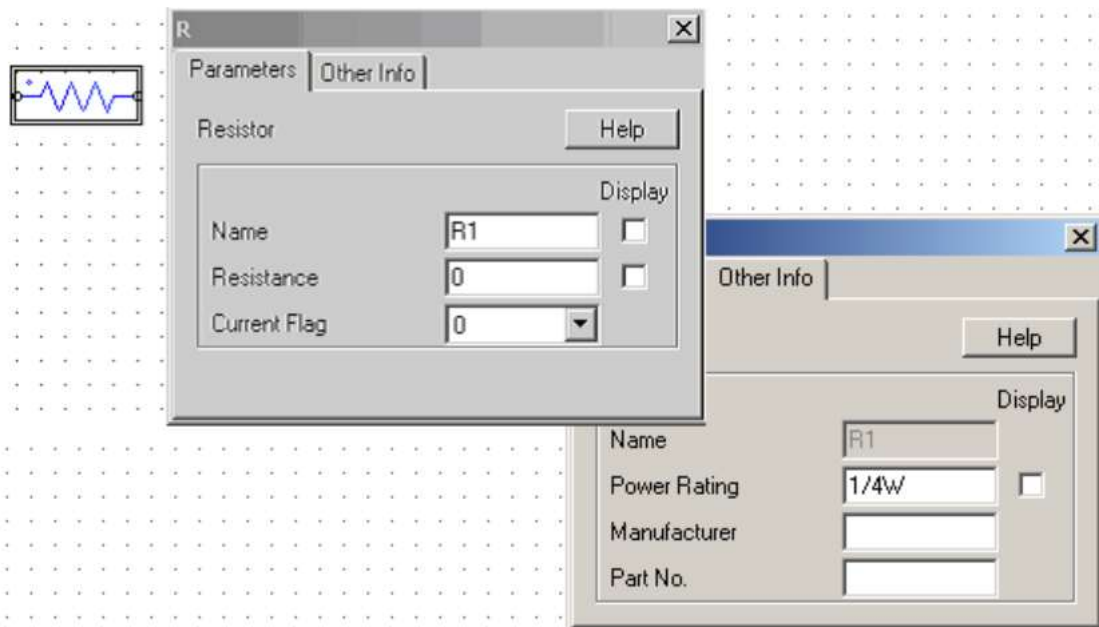


Pour effacer un composant ou une connexion, sélectionner l'outil " select "  puis appuyer sur " Suppr ".

5. Valeurs numériques et paramètres de simulation

Pour entrer les valeurs numériques, double-cliquer sur chaque composant et entrer les valeurs souhaitées dans les cases prévues à cet effet.

Il est possible de modifier le nom du composant et d'afficher son nom sur le schéma : case " Display " cochée.



Les paramètres rentrés dans la fenêtre **Parameters** seront utilisés pour la simulation. Ils peuvent être numériques ou une expression mathématique.

Une résistance pourra être spécifiée par exemple par :

14.2
14.2k
14.2 Ohm
14.2kOhm
28.4/2
R1+R2
 $R1*2+(V0+4)/2$



Avec R1, R2, V0 des symboles définis dans un fichier de paramètres : disponible en cliquant sur : **Eléments puis Other puis .file.**

Les opérations possibles sont :

+
-
*
/
^ : puissance
SQRT : racine carrée
SIN
COS
TAN
ATAN
EXP
LOG
LOG10
ABS
SIGN : signe (IGN(1.2)=1 ;IGN(-1.2)=-1)

Si depuis la fenêtre **Parameters** on a coché la case **Current flag**, il sera alors possible de visualiser le courant parcourant le composant, sans avoir à ajouter d'ampèremètre dans le circuit.

La fenêtre **Other Info** n'est pas directement utile à la simulation, ses éléments permettent de préciser certaines particularités des composants utilisés, qui pourront apparaître sur le schéma et qui sont accessibles en allant dans **View, Element, List** depuis **Simcad**.

Les unités

Les unités autorisées sont les suivantes :

M	10⁶
k or K	10³
m	10⁻³
u	10⁻⁶
n	10⁻⁹
p	10⁻¹²

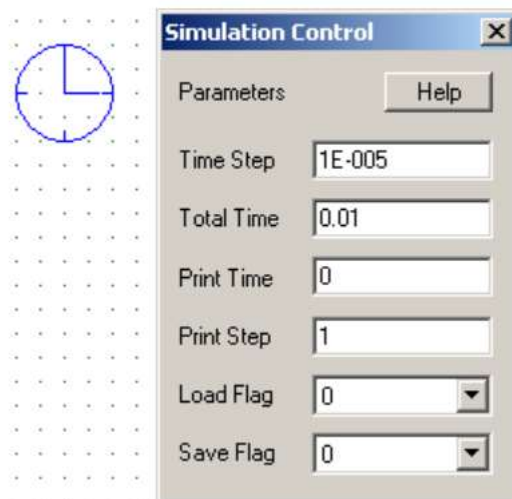
6. Simulation

6.1. Lancer la simulation

Avant de lancer la simulation, il est nécessaire de préciser la valeur des paramètres de simulation (Simulation Control). Dans le menu principal, choisir " Simulate ", puis " Simulation Control "

Les grandeurs à préciser sont :

- le pas de calcul (Time Step)
- Le temps total simulé (Total time)
- Le début d'affichage des courbes (Print Time)
- Le pas d'affichage (Print Step)



Il est recommandé de choisir un pas de calcul environ 100 à 200 fois plus faible que la période. Toutefois la version de démonstration étant limitée à 6000 points parfois il sera impossible de visualiser à la fois le régime transitoire et le régime permanent. On pourra alors limiter les points affichés en remplissant par exemple 100 dans **Print Step**, ainsi 1 point sur 100 sera affiché. On peut aussi lancer la simulation à partir de conditions initiales chargées dans un fichier (paramètre **Load Flag =1**), ces conditions étant le résultat d'une première simulation dont le dernier point est sauvegardé (**Save Flag =1**).

La simulation (calcul des valeurs des variables à chaque instant) est obtenue en lançant PSIM d'une des manières suivantes :

- à partir du menu principal : "**Simulate** " puis "**Run PSIM** "
- en appuyant sur "**F8** "

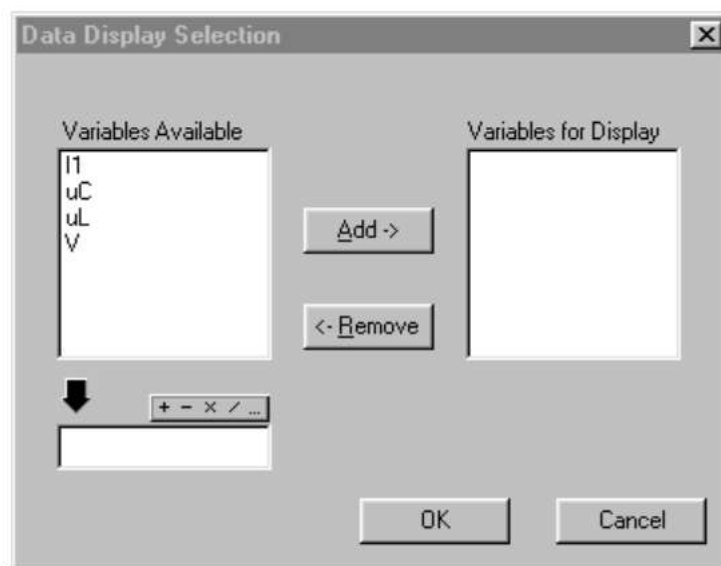
- en **cliquant sur l'icône PSIM**



Le logiciel signale alors d'éventuelles erreurs dans le schéma (bornes non reliées, valeurs numériques nulles (car non renseignées) ou incorrectes, dépassement des capacités de simulation (nombre de composants trop élevé)...) . A la fin de la simulation, le tracé des courbes se fait grâce à SIMVIEW . Le

lancement de ce logiciel est automatique si l'option " Auto-Run SIMVIEW " du menu " Options " est cochée. Le logiciel SIMVIEW permet de tracer la représentation temporelle des résultats de la simulation.

6.2. Visualiser les courbes.



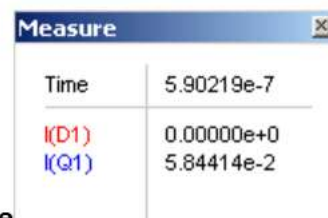
Les courbes que l'on peut tracer sont celles qui ont été définies lors du tracé du schéma en plaçant des appareils de mesure (voltmètre, ampèremètre, tachymètre ...) ou quand la case **Current Flag** à été cochée. Les variables correspondantes sont affichées dans le fenêtre **Variable available**.

Pour que les courbes soient tracées, il faut les faire apparaître dans la fenêtre **Variable for Display**. Pour tracer des courbes dans plusieurs fenêtres, il faut créer une nouvelle fenêtre à partir du menu principal " Screen ", " Add Screen " ou .

On peut ensuite modifier les échelles si nécessaire (" Axis " ) , effectuer des mesures de temps, de valeur moyenne, efficace. (" Measure " ) , calculer les harmoniques (" Options " " FFT " ) ...

Il est aussi possible d'**effectuer des opérations** sur les courbes. Il faut alors sélectionner une grandeur, cliquer sur , taper l'opération après avoir cliqué sur , puis ajouter l'autre grandeur, puis cliquer sur **Add**. La courbe résultant de l'opération s'affichera. Cette fonction est utile pour visualiser des puissances instantanées par exemple.

6.3. Faire des mesures sur les courbes.



Time	5.90219e-7
I(D1)	0.00000e+0
I(Q1)	5.84414e-2

Une fois les courbes affichées, il faut cliquer sur , une fenêtre **Measure** s'ouvre. Pour accéder aux curseurs et aux mesures, il faut alors sélectionner une des courbes en

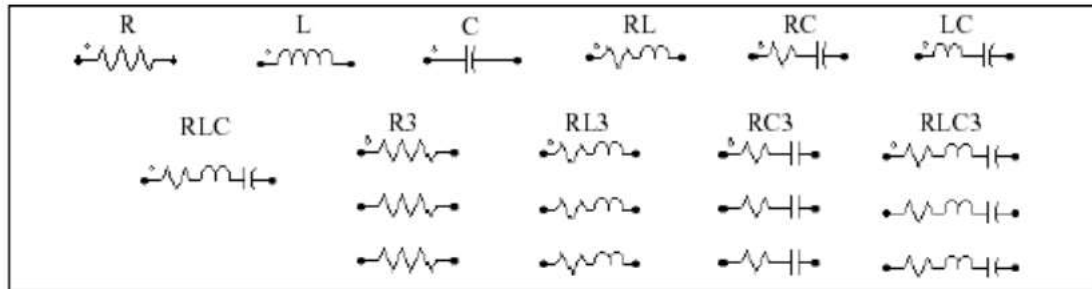


cliquant sur son nom , les curseurs deviennent alors actifs. Le bouton gauche de la souris contrôle un premier curseur, le bouton droit un autre, les différences sont calculées et affichées à la place de la fenêtre mesures.

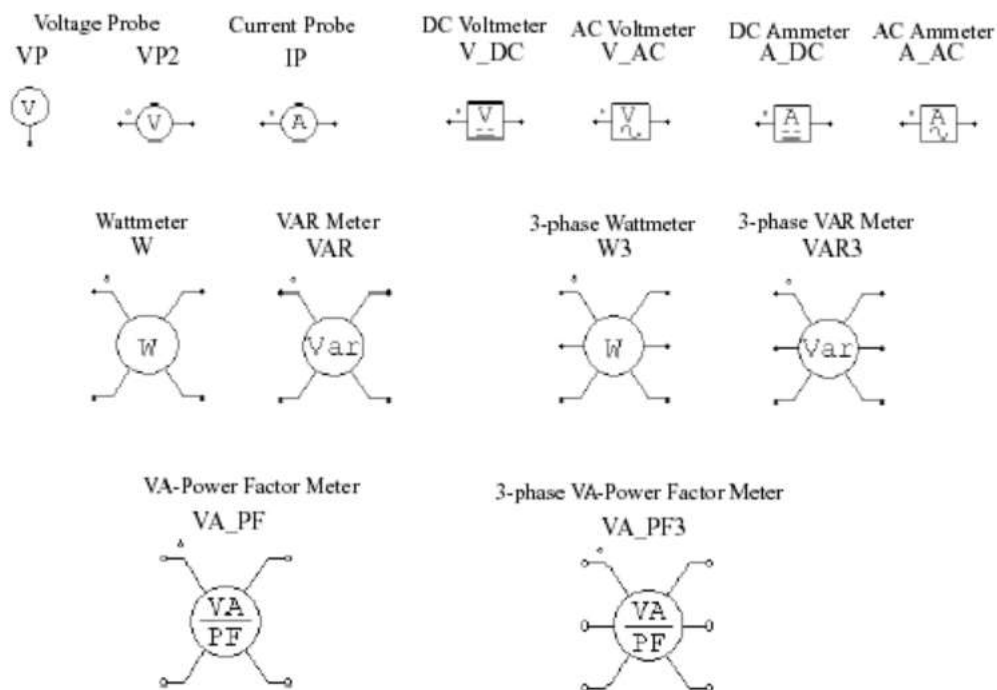
On peut aussi calculer des valeurs moyennes et efficaces : $\overline{x}$ rms $|\overline{x}|$. **Attention** ces calculs seront effectués sur les **points visualisés et non pas en fonction de la position des curseurs**. Il est préférable de visualiser un nombre entier de période éloignées du régime transitoire.

7. Les composants.

7.1. Résistances, bobines condensateurs:



7.2. Les modules de mesures.



Définitions utilisées :

$$v(t) = \sqrt{2} V_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1) + \sqrt{2} V_2 \sin(\omega_2 t + \phi_2) + \dots$$

$$i(t) = \sqrt{2} I_1 \sin(\omega_1 t + \theta_1) + \sqrt{2} I_2 \sin(\omega_2 t + \theta_2) + \dots$$

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots}$$

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots}$$

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t) \cdot i(t)) dt$$

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$DPF = \cos(\phi_1 - \theta_1)$$

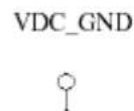
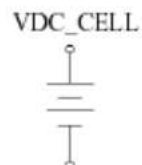
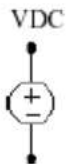
Attention les tensions et courants lorsque l'on utilise VA-PF3 doivent répondre à :

$$v_a + v_b + v_c = 0$$

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

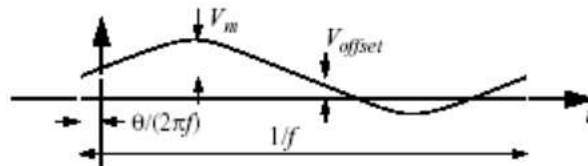
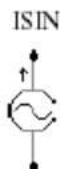
7.3. Les sources de tension et de courant

7.3.1 Sources en continu



Paramètre : amplitude

7.3.2 Sources sinusoïdales monophasées



VSIN

Parameters | Other Info

Sinusoidal voltage source Help

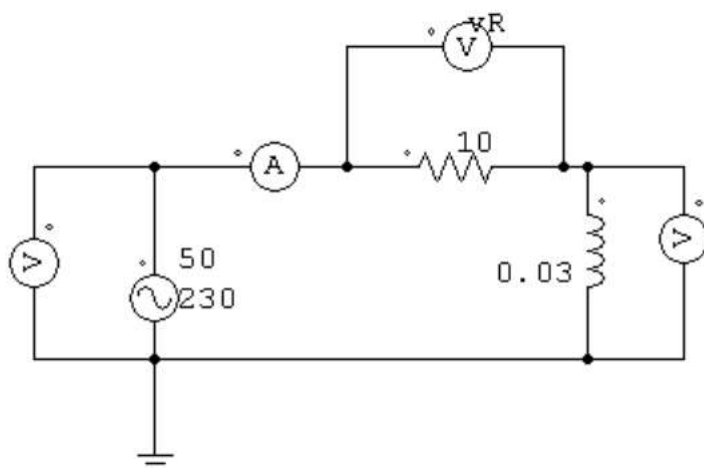
		Display
Name	V1	☐
Peak Amplitude	110	☐
Frequency	60	☐
Phase Angle	0	
DC Offset	0	
T start	0	

Angle de phase en **degrés**

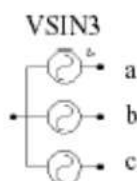
Temps de départ en secondes avant cet instant la sortie de la source est nulle.

Exercice 1 : Dessiner le montage ci-dessous,

Observer les tensions, le courant, mesurer les déphasages, les valeurs efficaces et la puissance active délivrée par la source.



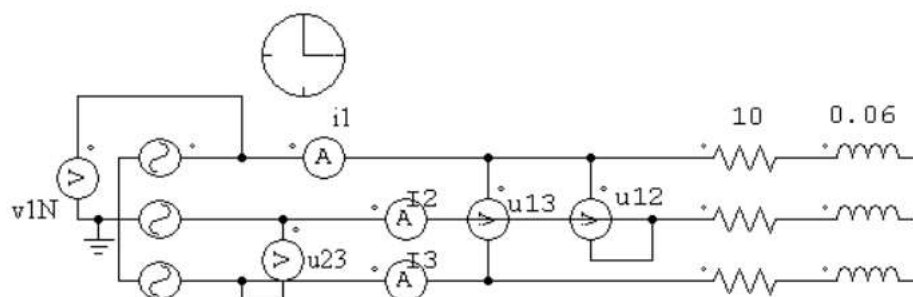
Sources sinusoïdales triphasées



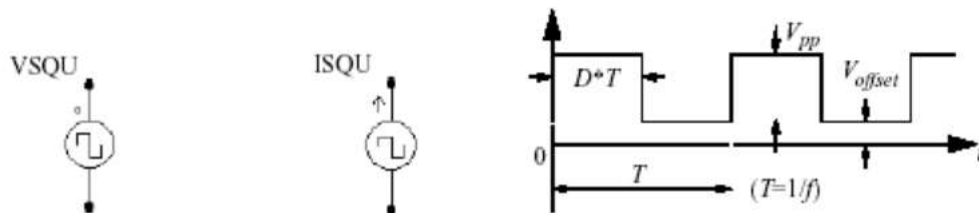
VSIN3	
Parameters	Other Info
3-phase sinusoidal voltage source Help	
Name	V1 ☐
V (line-line-rms)	400 ☐
Frequency	50 ☐
Init. Angle (phase A)	0 ☐

Attention : V(line- line RMS) est la valeur efficace de la tension composée.

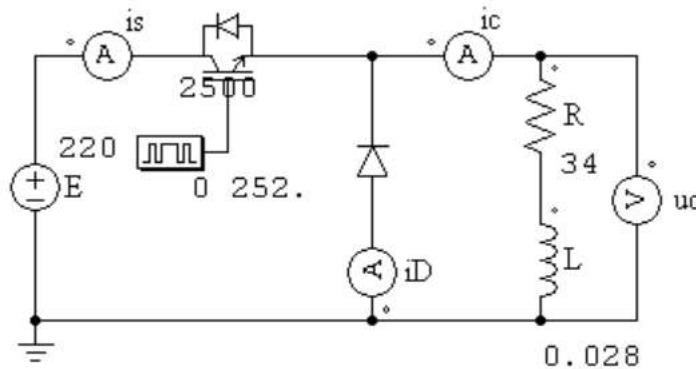
Exercice 2 : Mesurer les puissances actives et réactives fournies par les sources.



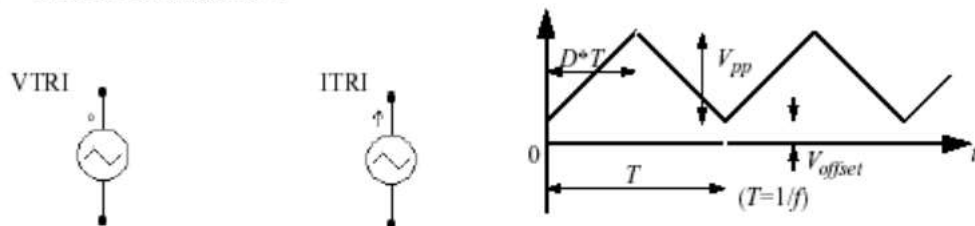
7.3.3 Source en créneaux



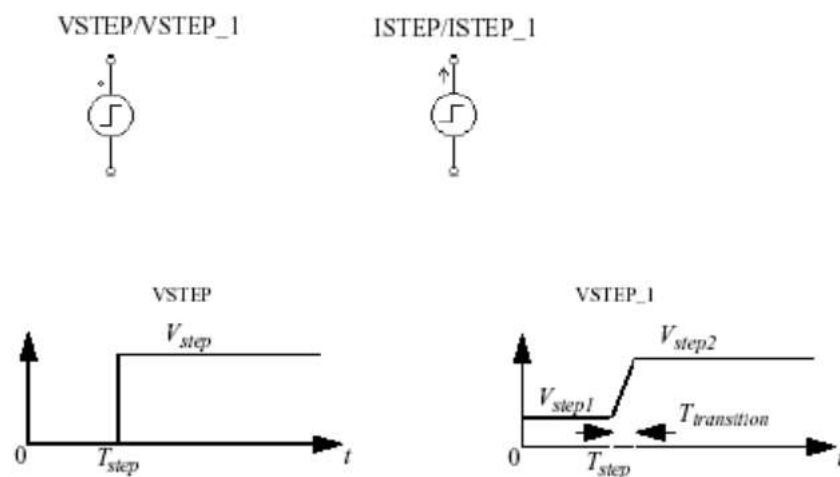
Exercice 3: Dessiner et simuler le fonctionnement du montage ci-dessous :



7.3.4 Source triangulaire



7.3.5 Source échelon

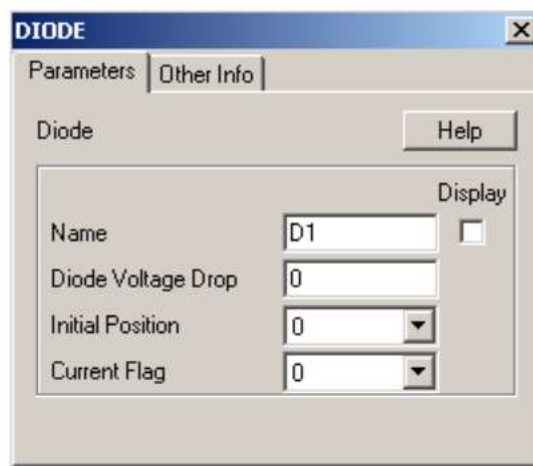


7.4. Les interrupteurs:

7.4.1 Les diodes.



Les paramètres sont:



Diode voltage drop : tension de seuil
Initial position : 0 pour passante
1 pour bloquée

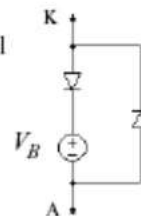
Ne pas hésiter à cliquer sur la touche help, les définitions des modèles et des paramètres y sont très bien expliquées.

7.4.2 Les diodes zener.

ZENER



Circuit Model



Paramètres :

Breakdown voltage : tension inverse Zener

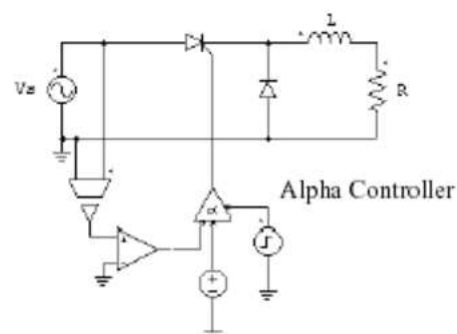
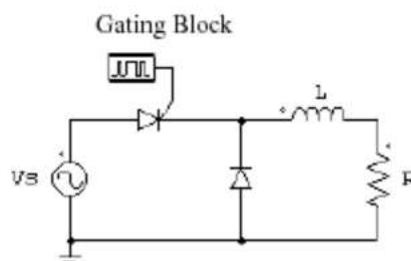
Forward Voltage drop: tension de seuil en direct.

7.4.3 Thyristor.



Il y a deux façons de déclencher un thyristor. On peut utiliser l'élément Gating Block ou alors l'élément Alpha contrôleur.

La gâchette doit être forcement reliée à l'un ou à l'autre.



L'intérêt de l'Alpha Contrôleur est que l'angle d'amorçage peut être modifié pendant la simulation en agissant sur la tension d'alimentation continue, on peut donc faire un asservissement.

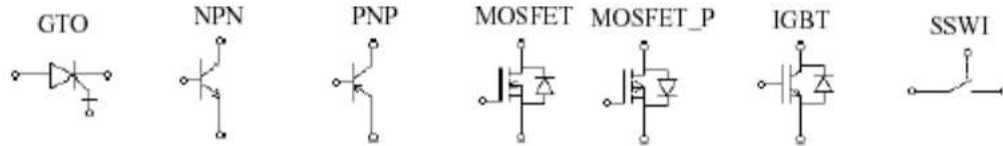
Les paramètres du Gating Block ne sont pas modifiables pendant une simulation.

Nous reviendrons plus loin sur ces deux éléments.

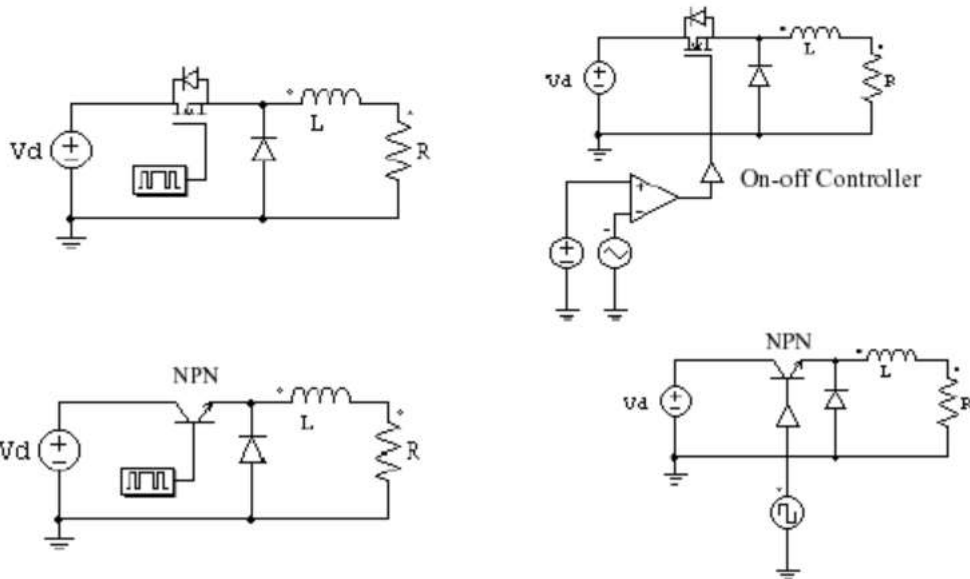
7.4.4 GTO, Transistors, interrupteurs unidirectionnels.

Ces interrupteurs commuteront si la tension appliquée sur leur gâchette , entre base et émetteur, drain et source est supérieure à 1V pour les transistors NPN et MOS canal p.

Avant de lancer la simulation, il est nécessaire de préciser la valeur des paramètres de simulation (Simulation Control). Dans le menu principal, choisir " Simulate ", puis " Simulation Control ".



Ces interrupteurs devront **obligatoirement** être contrôlés par un module **Gating Block**  ou par un **ONCTRL** .



Une modélisation plus fine des transistors NPN et PNP est possible avec les éléments NPN_1 et PNP_1. On peut paramétrer β , V_r , V_{cesat} .

Zone d'ouverture : $V_{be} < V_r$, $I_b = 0$, $I_c = 0$

Zone linéaire : $V_{be} = V_r$, $V_{ce} > V_{cesat}$, $I_c = \beta \cdot I_b$

Zone de saturation : $V_{be} = V_r$, $I_c < \beta \cdot I_b$, $V_{ce} = V_{cesat}$

La société MSim déconseille d'utiliser ces composants sur des circuits complexes !

7.5. Commandes d'interrupteurs.

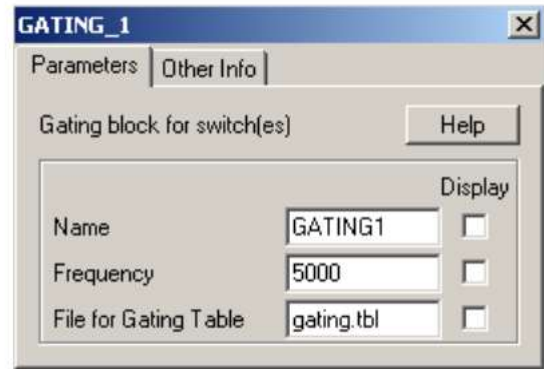
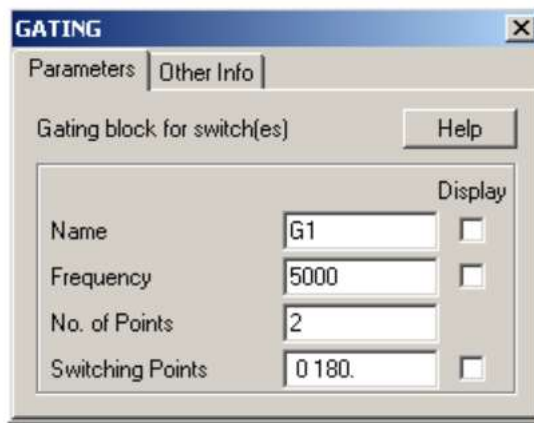
7.5.1 GATING ou GATING_1.

GATING/GATING_1



Les angles de commutation en **degrés** de l'élément **Gating** sont définis depuis la fenêtre parameters alors que ceux de l'élément Gating_1 sont définis depuis un fichier texte gating.tbl sauvegardé dans le

même dossier que le fichier schématique.



Pour **GATING_1** cela donnerait dans le fichier texte :

```
2
0
180
```

Si la fréquence est de 0 Hz alors les points de commutation seront indiqués en secondes.

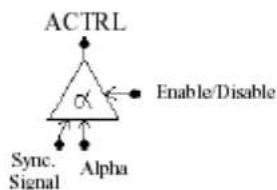
7.5.2 ONCTRL.

ONCTRL

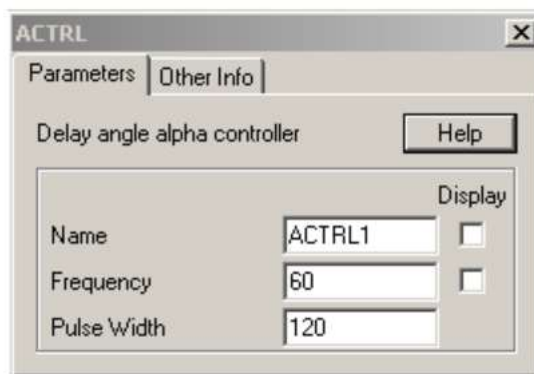


Le contrôleur **ONCTRL** est un interface nécessaire entre le circuit de commande et l'élément commandé.

7.5.3 ACTRL alpha contrôleur.

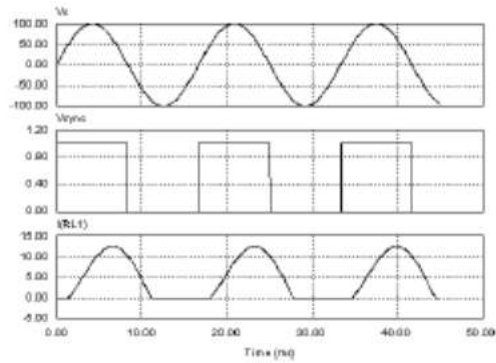
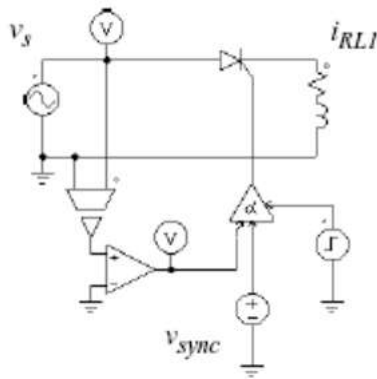


Ce contrôleur est dédié aux commandes de thyristors ou des ponts redresseurs commandés.



Frequency : fréquence de fonctionnement des interrupteurs.

Pulse Width : largeur de pulsation en degrés

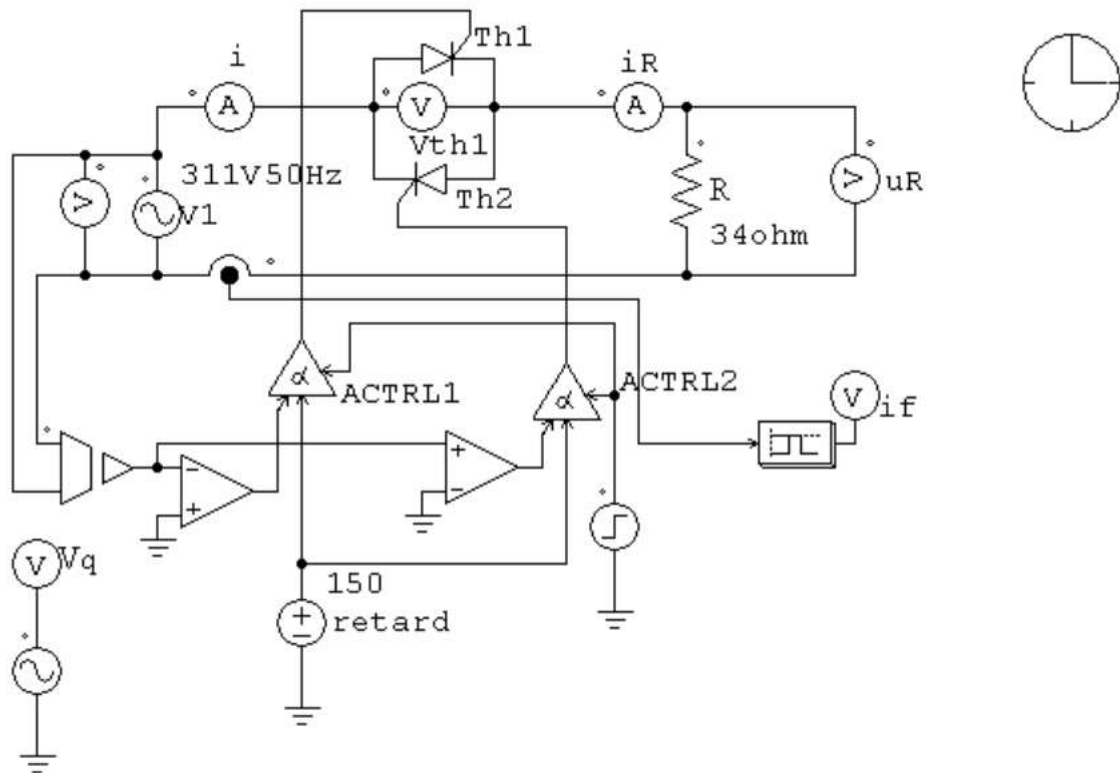


Sur l'entrée **Sync.signal** on connectera la tension de synchronisation mise en forme par un comparateur.

L'entrée **Alpha** est en général une source de tension continue donc la valeur de la tension correspond à l'angle d'amorçage choisi en **degrés**.

On connecte sur l'entrée **enable disable** un générateur de créneau de tension 0V 1V. Lorsque la tension passe à 1V le contrôleur s'enclenche.

Exercice 4 : Dessiner et simuler le fonctionnement du montage ci-dessous :

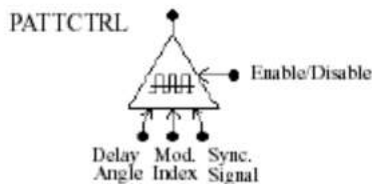


If est le fondamental du courant relevé avec un filtre basse bande de gain 1, ajuste sur 50hz et avec

2 Hz de bande passante. (voir 7.8.1). V_q est une tension en quadrature avec $V1$ pour relever la puissance réactive.

Mesurer les puissances actives et réactives aux bornes de la résistance et à l'entrée du montage.

7.5.4 PATTCTRL commande MLI pré calculée.

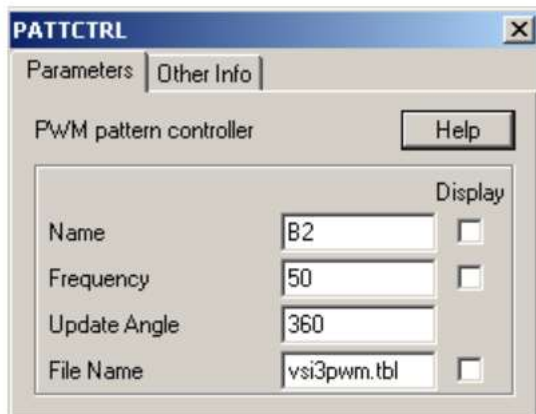


Delay angle : décalage (degrés) des angles par rapport au signal de synchronisation.

Mod index : tension faisant appel à la série d'angle repérée par un indice de modulation déclaré dans le fichier.tlb.

Sync.signal : signal de synchronisation (0V,1V) sur front montant

Enable/disable : activation désactivation du contrôleur (0V,1V).



Frequency : fréquence du signal de commande

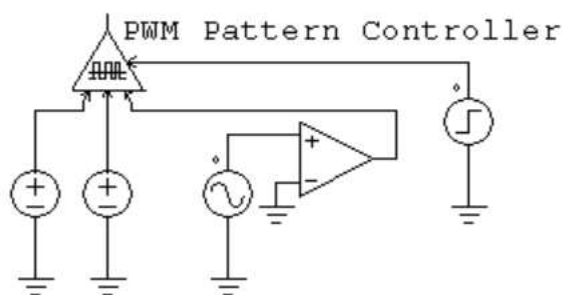
Update angle : angle de réactualisation des données

File Name : fichier texte où sont inscrits les angles de commutations.

Le fichier dans lequel sont inscrits les angles de commutations doit être de la forme :

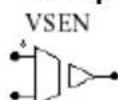
$n, m_1, m_2, \dots, m_n$	n nombre de séries d'angles, indice de modulation de chaque série.
k_1	nombre d'angles de la première série.
$G_{11}, G_{12}, \dots, G_{1k_1}$	angles de la série 1.

k_n	nombre d'angles de la série n .
$G_{n1}, G_{n2}, \dots, G_{nk_n}$	angles de la série n .



7.6. Les capteurs.

7.6.1 Les capteurs de tension et de courant.



Ils sont nécessaires pour relier entre eux un circuit de puissance et un circuit de commande. Leur gain est paramétrable.

7.6.2 Les capteurs de vitesse et de couple.

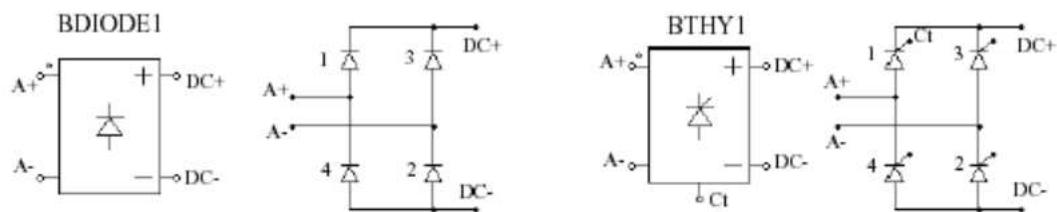


Les points indiquent le sens de transfert de l'énergie mécanique.
La vitesse est en tours par minutes.

7.7. Les modules de l'électrotechnique

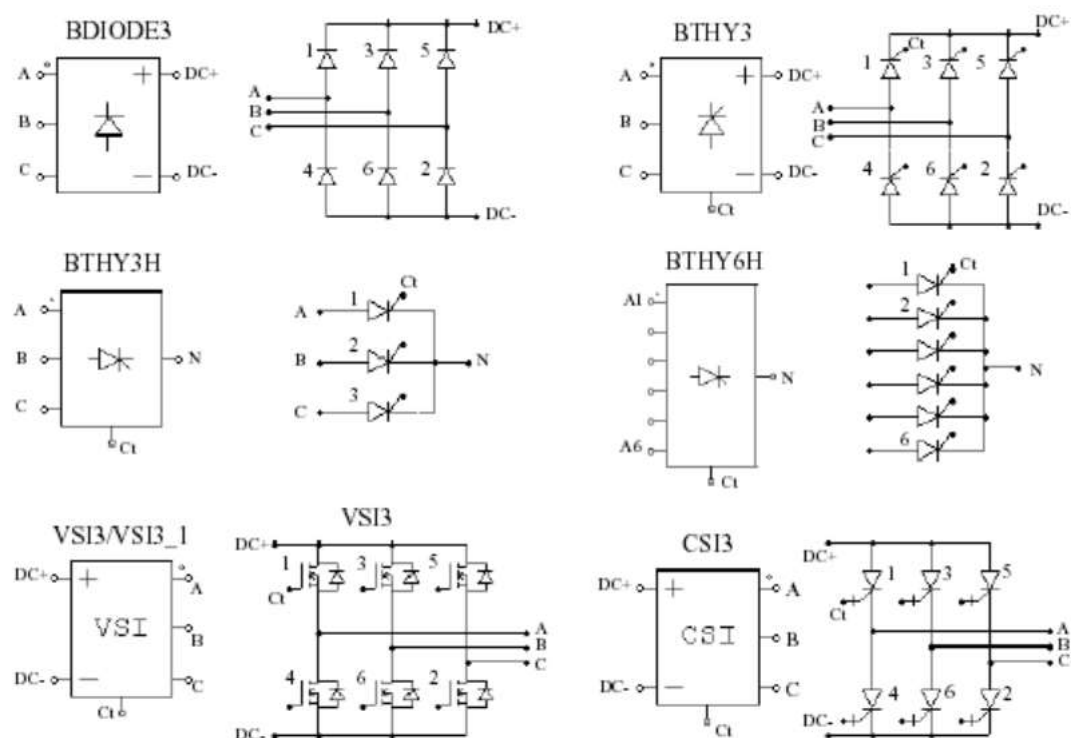
7.7.1 Les modules redresseurs, onduleurs.

Monophasés :



Ct est le point de commande du thyristor 1.

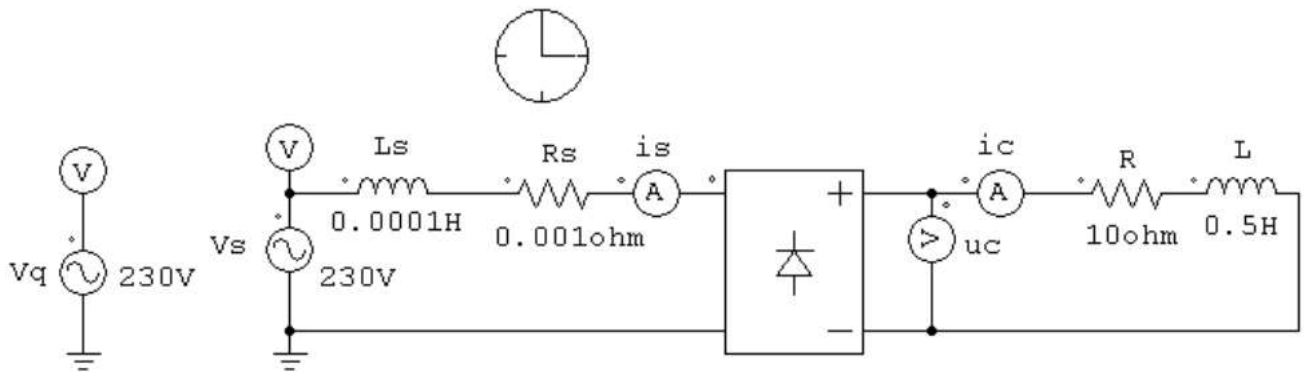
Triphasés :



Ct est le point de commande de l'interrupteur 1.

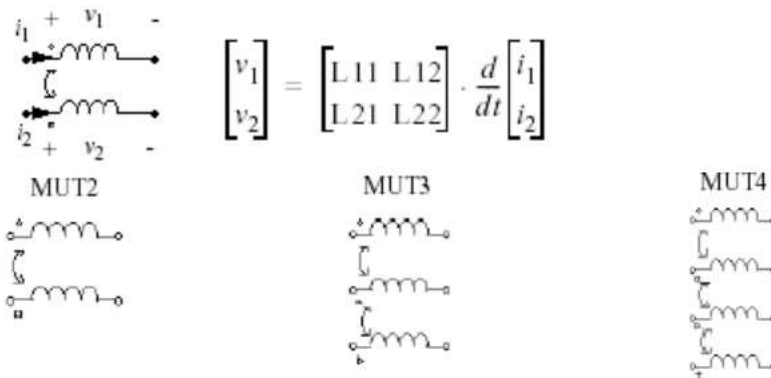
Les modules peuvent être commandés par un **gating block** ou un **alpha controleur**.

Exercice 5 Dessiner et simuler le fonctionnement du montage ci-dessous :



Mesurer les valeurs efficaces et moyennes de i_s et de i_c , la puissance active en entrée du pont et en sortie, la puissance réactive en entrée du pont.

7.7.2 Les inductances couplées



Paramètres :

MUT3

Parameters | Other Info

Coupled inductor (3 branches)

Name	Value	Display
L11 (self)	0.001	☐
L12 (mutual)	0.0009	☐
L22 (self)	0.001	☐
L13 (mutual)	0.0009	☐
L23 (mutual)	0.0009	☐
L33 (self)	0.001	☐
i1_initial	0	
i2_initial	0	
i3_initial	0	
Iflag_1	0	☐
Iflag_2	0	☐

L_{ii} : inductance propre de la bobine i (H)

L_{ij} : inductance mutuelle entre la bobine i et la bobine j (H).

$i_{i\text{-initial}}$: courant initial dans la bobine i .

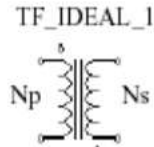
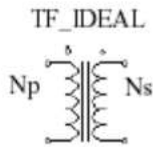
$$V1 = L11 \frac{di1}{dt} + L12 \frac{di2}{dt} + L13 \frac{di3}{dt}$$

$$V2 = L12 \frac{di1}{dt} + L22 \frac{di2}{dt} + L23 \frac{di3}{dt}$$

$$V3 = L13 \frac{di1}{dt} + L23 \frac{di2}{dt} + L33 \frac{di3}{dt}$$

7.7.3 Les transformateurs.

Transformateurs parfaits :



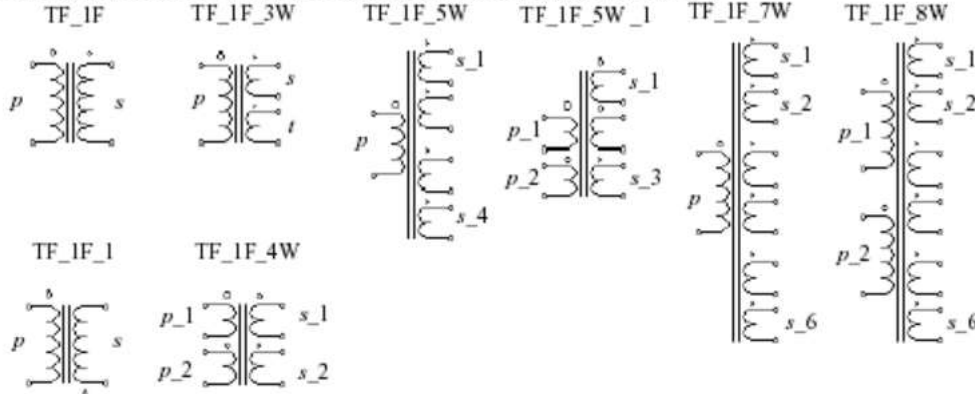
Paramètres :

Np : nombre de spires au primaire

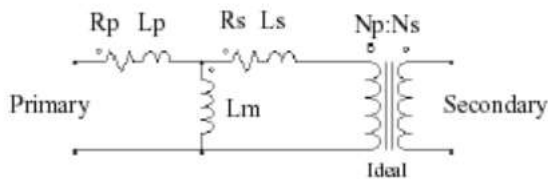
Ns : nombre de spires au secondaire

Le plus gros point indiquant les bornes homologues indique aussi le primaire.

Transformateurs monophasés réels (sans pertes fer) :



Modélisation d'un transformateur monophasé :



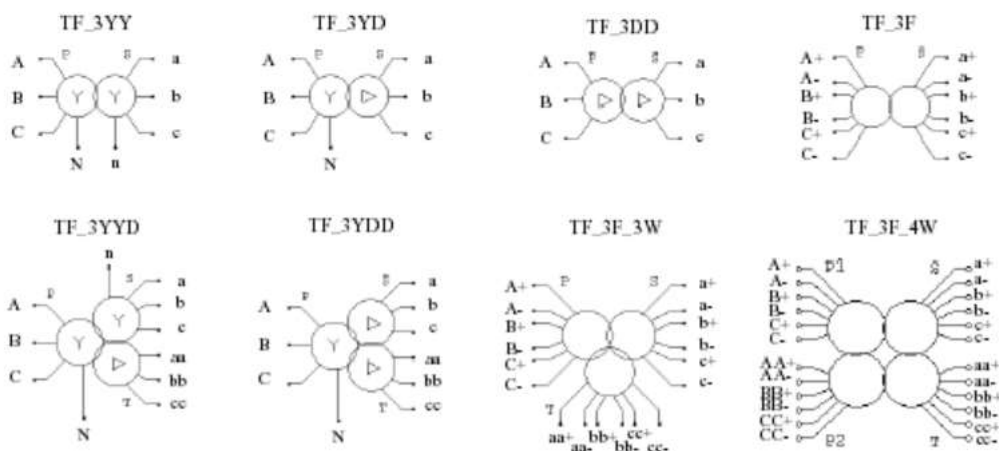
Paramètres :

Lp, Ls : inductances de fuites de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire.

Rp, Rs : résistances de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire.

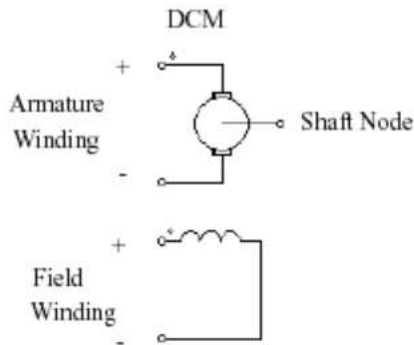
Lm : inductance magnétisante.

Transformateurs triphasés réels (sans pertes fer):



Modélisation et paramètres identiques au transformateur monophasé.

7.7.4 La machine à courant continu (non saturée).



$$V_t = E_a + L_a \cdot (d I_a / dt) + I_a \cdot R_a$$

$$V_f = I_f \cdot R_f + L_f \cdot (d I_f / dt)$$

$$E_a = L_{af} \cdot I_f \cdot \Omega_m$$

$$T_{em} = L_{af} \cdot I_f \cdot I_a$$

$$J \cdot (d \Omega_m / dt) = T_{em} - T_{load}$$

Une machine doit être déclarée **Master** (1) ou **Slave** (0).
 Quand elle est seule elle doit être déclarée Master. Quand il y a un accouplage entre deux machines, une doit être déclarée Master et l'autre Slave.
 L'énergie est comptée **positivement de Master vers Slave**.

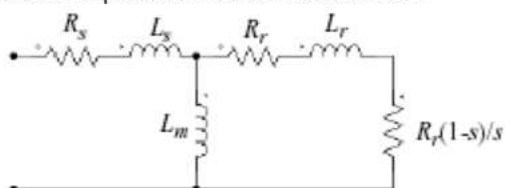
The screenshot shows the 'DCM' window with the 'Parameters' tab selected. The 'DC machine' section contains the following parameters:

Parameter	Value	Display
Name	DC1	☐
Ra (armature)	0.5	☐
La (armature)	0.01	☐
Rf (field)	75	☐
Lf (field)	0.02	☐
Moment of Inertia	0.4	☐
Vt (rated)	120	
Ia (rated)	10	
n (rated, in rpm)	1200	
If (rated)	1.6	
Torque Flag	0	
Master/Slave Flag	1	

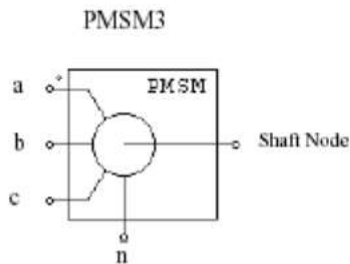
7.7.5 La machine asynchrone.



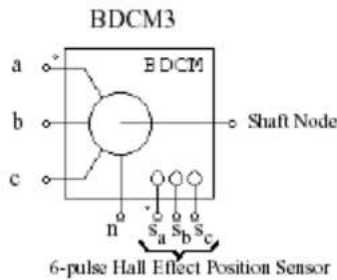
Modèle équivalent d'un enroulement :



7.7.6 La machine synchrone à aimants permanents

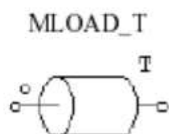


7.7.7 Le moteur brushless.



7.7.8 Les charges mécaniques.

- Charge à couple constant :



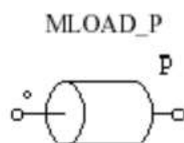
Le point indique le sens positif de transfert de l'énergie.

Le signe du couple ne dépend pas du signe de la vitesse.

Les **paramètres** sont :

Le couple et le moment d'inertie.

- Charge à puissance constante.

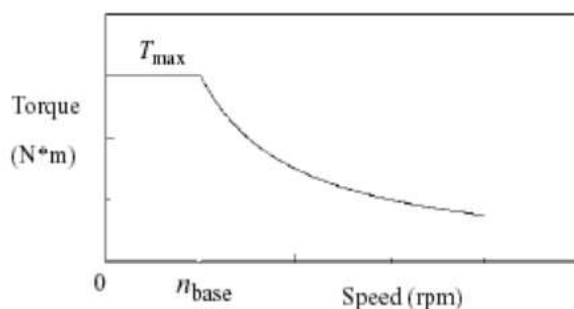


Paramètres :

- couple maximum de la charge
- vitesse nominale (tr.min^{-1})
- moment d'inertie

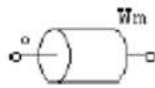
Quand la vitesse est inférieure à la vitesse nominale, on a $T = T_{\max}$.
Quand la vitesse est supérieure à la vitesse nominale, on a

$$T = \frac{P}{|\Omega|} \text{ avec } P = T_{\max} \cdot \Omega_{\text{nom}} \text{ (attention rad.s}^{-1} \text{ ici).}$$



- Charge à vitesse constante.

MLOAD_WM

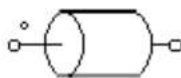


Paramètres :

- vitesse (tr.min⁻¹)
- moment d'inertie

- Charge à couple à coefficients réglables.

MLOAD



Paramètres :

- Tc : couple constant
- k1, k2, k3 : coefficients
- moment d'inertie.

$$T_L = \text{sign}(\omega_m) \cdot (T_c + k_1 \cdot |\omega_m| + k_2 \cdot \omega_m^2 + k_3 \cdot |\omega_m|^3)$$

ω_m est en rad.s⁻¹.

7.8. Quelques blocs fonctionnels

7.8.1 Les filtres

FILTER_LP2



FILTER_HP2



FILTER_BP2



FILTER_BS2

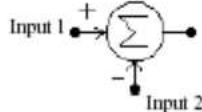


7.8.2 Les blocs de calculs

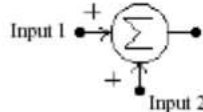
SUM1



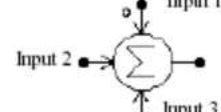
SUM2



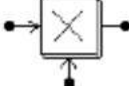
SUM2P



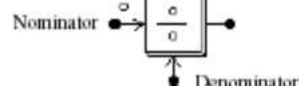
SUM3



MULT



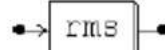
DIVD



SQROT

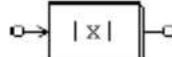


RMS

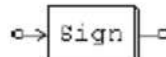


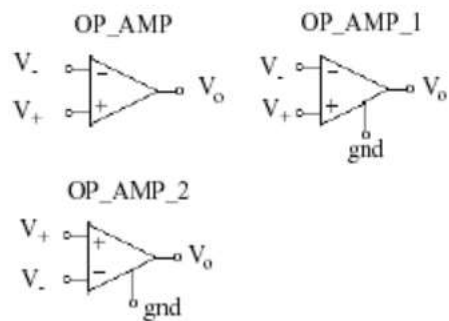
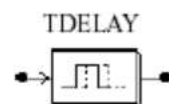
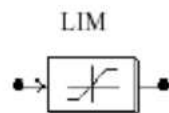
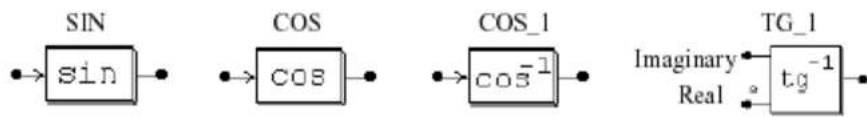
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{in}^2(t) dt}$$

ABS

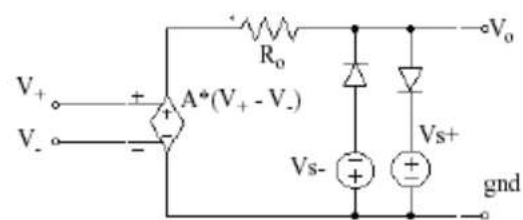


SIGN

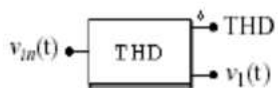




Circuit Model of the Op. Amp.



THD



Circuit Model of the THD Block

