

SIMULATION DES CONVERTISSEURS

PRISE EN MAIN DU LOGICIEL PSIM

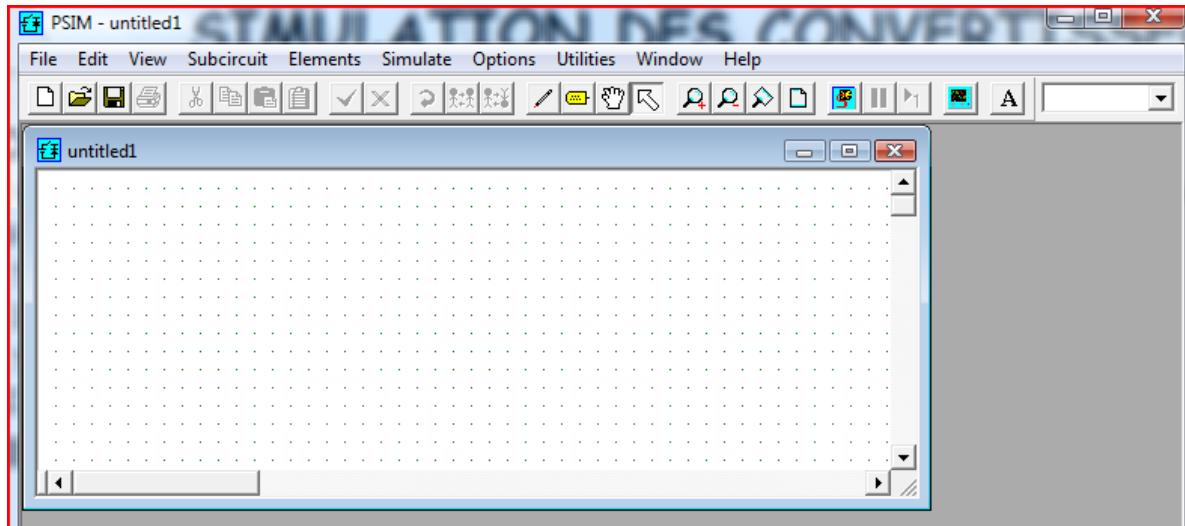
PSIM est un logiciel de simulation pour l'électronique et l'électrotechnique de puissance. Il est constitué de trois programmes :

- SIMCAD : saisie du schéma
- PSIM : simulation
- SIMVIEW : tracé des courbes

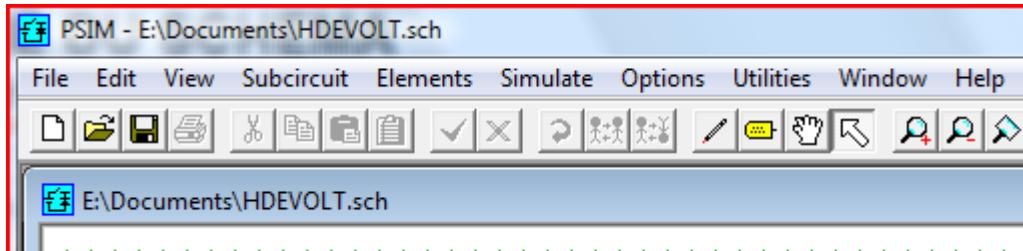
SIMCAD est incorporé dans PSIM, SIMVIEW est par défaut lancé automatiquement par PSIM.

SAISIE DU SCHEMA

1. Lancer PSIM (X:\PowerSim\Psim) et faites File/New puis enregistrer sous HDEVOLT



2. puis enregistrer sous HDEVOLT (le chemin du répertoire sera H:\ ... pour vous).

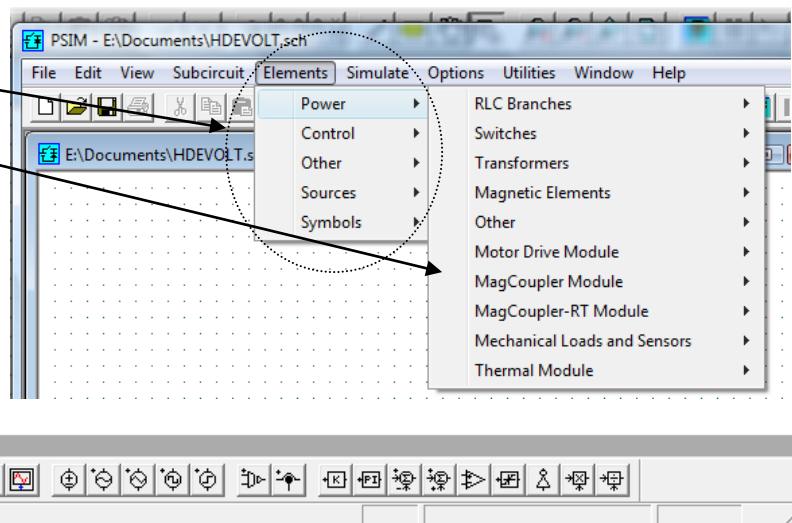


Contenu des bibliothèques

Les éléments sont répartis en cinq groupes :

- Power : R, L, C ...
- Control : Filtres, fonct. analogiques
- Other : commandes inter, capteurs
- Sources : de tension et courant
- Symbols : flèches

Les éléments les plus courants sont accessibles directement par des icônes situés en bas de la fenêtre du logiciel en activant l'option *View/Element Toolbar* (barre personnalisable).



SELECTION ET PLACEMENT DES COMPOSANTS

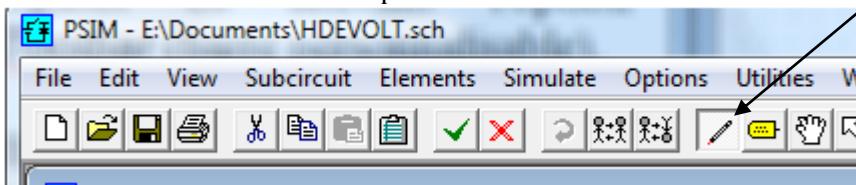
Pour sélectionner un composant il suffit de cliquer sur l'icône en bas de l'écran ou de prendre le composant dans la bibliothèque *éléments*. Le composant est ensuite déposé à l'endroit souhaité par la souris.

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

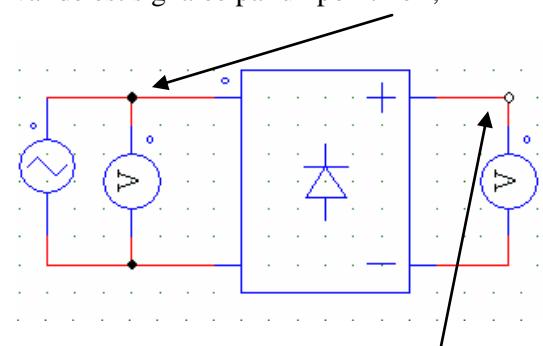
- Avant de placer le composant, un clic droit provoque la rotation de l'élément
- Si le composant est placé, le sélectionner (simple clic gauche) puis menu *Edit/Rotate* ou *Edit/Flit*
- ESC annule la sélection.

CONNEXION DES COMPOSANTS

Les liaisons s'effectuent à la souris après avoir choisi l'outil de connexion *Wire*



- Une connexion valide est signalée par un point noir,



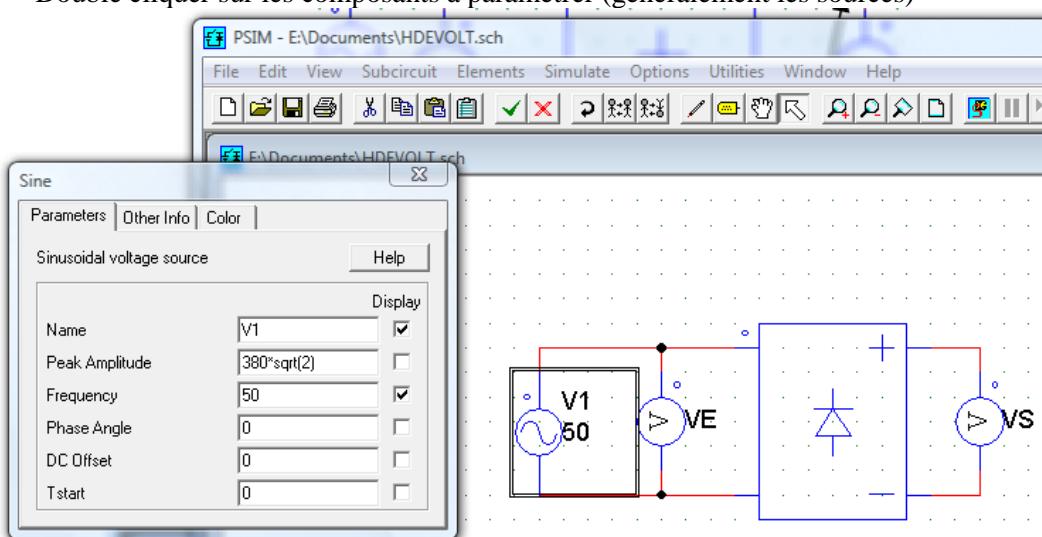
- Une connexion non valide est signalée par un point clair

- Pour effacer un composant ou une connexion, activer la sélection puis sélectionner le composant et effacer le par la touche *del*.



VALEURS NUMERIQUES ET PARAMETRES DE SIMULATION

- Double cliquer sur les composants à paramétriser (généralement les sources)



- Les **valeurs spécifiées peuvent être symboliques** exemple $V1*\sqrt{2}$ auquel cas la définition des symboles est faite dans un fichier *File* (*Elements/Other/FILE*) à raison d'une définition par ligne. Exemple $V1=380$

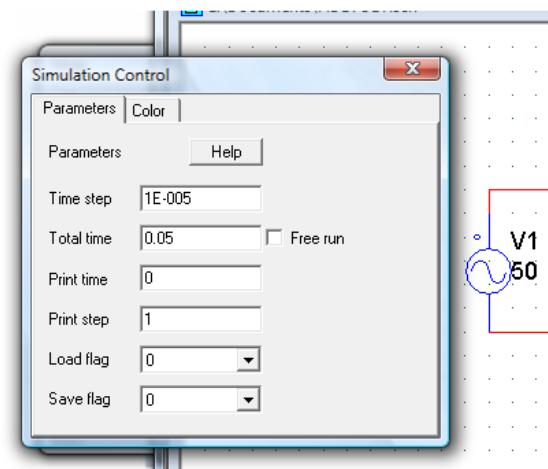
- Avant de lancer simulation, il est nécessaire de préciser la valeur des paramètres de simulation (*Simulation Control*). Dans le menu principal, choisir *Simulate/Simulation Control*.
 - Print step* est le pas de calcul en secondes. Si les signaux varient rapidement on peut être amené à diminuer ce pas.
 - Total Time* (durée de la simulation) est la durée totale de la simulation (y compris le régime transitoire).
 - Print Time* correspond à l'origine des courbes tracées. Si ce temps est égal à 0, le régime transitoire est affiché.
 - Print Step* correspond à l'intervalle temporel entre les points affichés. Si cette valeur est égale à 1, pour le paramétrage de la figure ci-dessus, on aura un nouveau point toutes les 10^{-5} s. Si vous utilisez la version de démonstration (ce qui n'est pas le cas de la version qui est sur le réseau de l'école), celle-ci limite à 6000 le nb maximal de points par axe temporel. Dans l'exemple ci-dessus, le nb de points est de $0,05/0,00005$ soit 1000 points sur l'axe temporel. Par exemple, si la durée de la simulation (*Total time*) est réglée à 0,5 s (soit 10000 points), *Print step* sera déterminé par la relation :

$$\text{Si } \frac{\text{TotalTime}}{\text{TimeStep}} > 6000$$

$$\text{Alors Print step} > \frac{\text{TotalTime}}{6000} \text{ (valeur entière)}$$

Sinon Print step = 1

soit ici Print step = 2



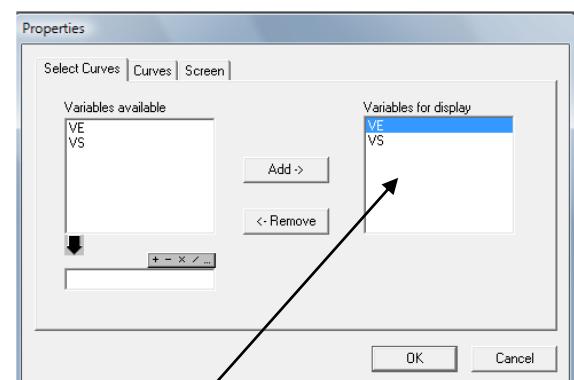
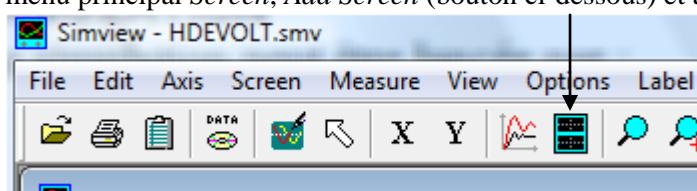
SIMULATION

La simulation peut être lancée par :

- F8
- Par le bouton PSIM



- Par menu *Simulate/Run Simulation*
- Les courbes que l'on peut tracer sont celles qui comportent un appareil de mesure sur la sortie (courant ou tension).
- Pour que les courbes soient tracées, il faut les faire apparaître dans la fenêtre *Variables for Display* (dans SimView).
- Pour tracer des courbes dans plusieurs fenêtres, il faut créer dans SimView, une nouvelle fenêtre à partir du menu principal *Screen, Add Screen* (bouton ci-dessous) et affecter les courbes (une ou plusieurs courbe/axe de t)

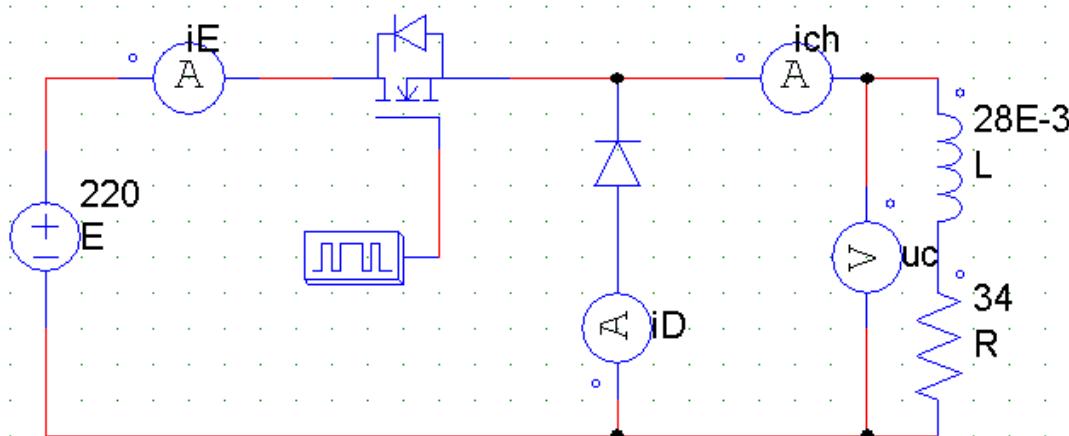


- Les paramètres de traçage sont mémorisés dans SIMVIEW par *File/Save Settings*. Si vous ne le faites pas il faudra paramétrier le traçage à chaque simulation !
- En cas de problème effacer les paramètres *.ini et *.smw dans le répertoire du schéma. **ATTENTION ne pas effacer les fichiers *.sch (c'est votre schéma)**

TP1 : HACHEUR SERIE SUR CHARGE RL

ENONCE

Simuler le hacheur série sur charge RL ci-dessous. Les inductances sont exprimée en H, les résistances en Ω et les tensions en Volts.



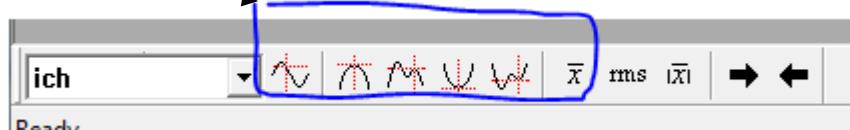
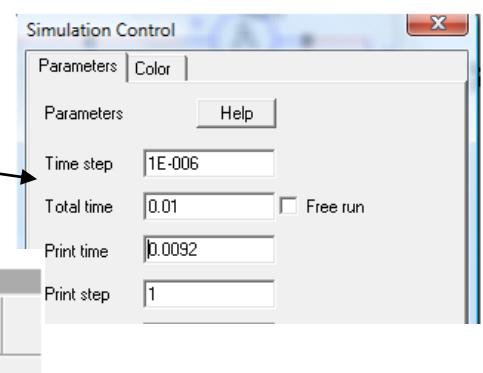
La commande du commutateur constitué d'un transistor à effet de champ est générée par le bloc *GATING*.
Ses paramètres sont :



- La fréquence de commande en Hz
- Le nombre de changement d'état par période No of Points (2 par défaut)
- Les instants de changement d'état exprimés en degrés (une période = 360)

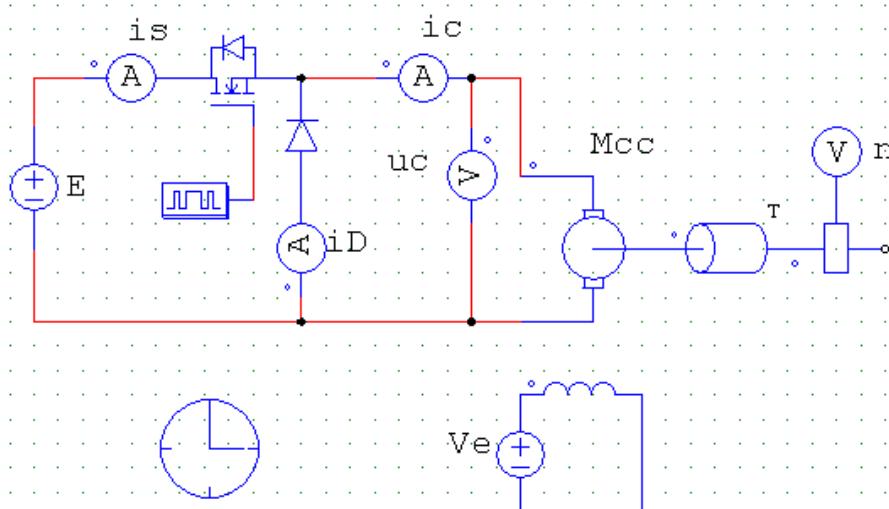
Travail demandé

1. Saisir le schéma ci-dessous (et enregistrer le sous *hach-devel_RL*). Paramétrier les sources et les composants. Régler la commande de l'interrupteur à $F=2,5$ KHz et le rapport cyclique à 0,7.
2. En conservant les paramètres de simulation par défaut, visualiser la tension aux bornes de la charge RL (u_c), le courant dans la charge (i_{ch}), le courant fourni par la source (i_E) et le courant dans la diode (i_D).
3. L'expérience précédente fait apparaître le régime transitoire. Régler les paramètres de simulation de façon à ne conserver que le régime permanent (*Print time* = .0092). On augmentera la précision du calcul comme le montre la figure ci-contre.
4. Déterminer par mesure $\langle u_{ch} \rangle$, $\langle i_{ch} \rangle$, Δi_{ch} à l'aide des outils fournis
5. Confirmer par calcul $\langle u_{ch} \rangle$, $\langle i_{ch} \rangle$, Δi_{ch}



TP2 : HACHEUR SERIE COMMANDANT UN MOTEUR A COURANT CONTINU

ENONCE



DC Machine	
Parameters	
Name	Mcc
Ra (armature)	1.5
La (armature)	0.012
Rf (field)	275
Lf (field)	1.25
Moment of Inertia	0.11
Vt (rated)	220
Ia (rated)	15
n (rated, in rpm)	1451
If (rated)	0.8

Reprendre le schéma précédent en remplaçant, le circuit RL par un moteur à courant continu de caractéristiques ci-contre (enregistrer sous *hach-devel_MCC*) :

La machine (*DC Machine*) entraîne une charge (*MLOAD_T*) d'inertie nulle et de couple résistant 5,2 Nm.

Dans le tableau de paramétrage Ra = résistance de l'induit, La = inductance de l'induit, Rf = résistance de l'inducteur, Lf = inductance de l'inducteur, Vt = tension nominale, Ia = courant nominal, n = vitesse nominale, if = courant d'excitation.

Le courant d'excitation est réglé à sa valeur nominale (0,8A).

La vitesse est mesurée par un capteur de vitesse de gain 1

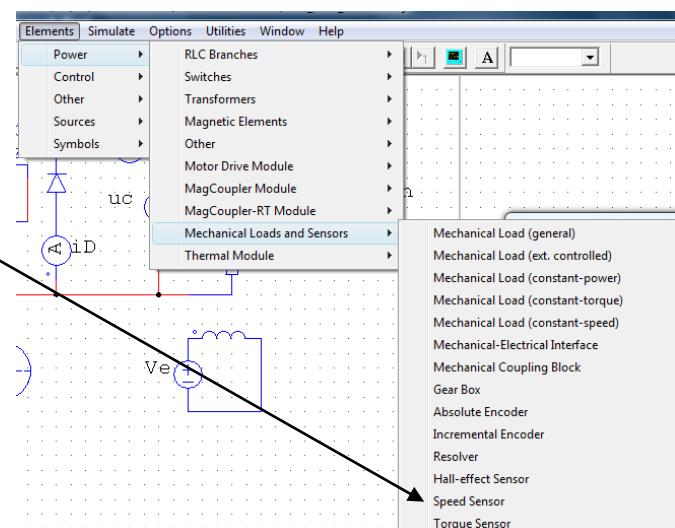
Travail préparatoire

1. Saisir le schéma ci-dessus. Paramétriser les sources et les composants. Régler la commande de l'interrupteur à $F=2,5$ KHz et le rapport cyclique à 0,7.
2. Calculer approximativement la durée du régime transitoire.
3. Calculer la vitesse du moteur en régime permanent.

Simulation

1. Visualiser $uc(t)$, $ic(t)$, $n(t)$.

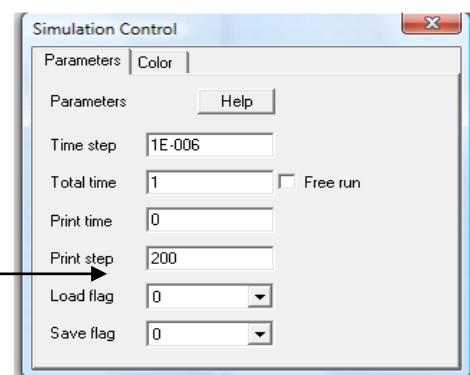
Nota : le hacheur fonctionnant à 2500 Hz, ce qui nous oblige à utiliser un pas de calcul de l'ordre de 10^{-6} s.



Nota : si vous utilisez la version de démonstration de PSIM le nombre de points est limité à 6000 points. Pour observer la totalité du régime transitoire (environ 0,8s) on affichera (*Print Steep*) qu'un point sur 200 (voir présentation de PSIM).

Nota calcul : l'affichage de la totalité des points donne : 1 point possible toutes 10^{-6} s soit 8.10^5 points (ce qui est absurde vu la résolution de l'écran).

Si nombre de points max = 6000 $\Rightarrow 8.10^5/6000 = 1$ points sur 133. On prend 200 pour avoir de la marge.



2. Pour lancer la simulation à partir des conditions initiales déterminées par le résultat d'une première simulation (pour avoir immédiatement le régime permanent) : positionner *Save Flag* = 1 et lancer la simulation initiale. Positionner ensuite *Load Flag* = 1 (*Save Flag* = 0) et lancer la simulation avec *Total Time* = 1.0114, *Print Time* = 1.01, *Print Steep* = 1. On affiche alors directement le régime permanent.

TP3 : ONDULEUR MONOPHASÉ BI-SOURCES A COMMANDE MLI

OBJECTIFS

- Analyser et relever les formes d'ondes d'un onduleur à deux sources symétriques à commande MLI
- Voir l'intérêt de la commande MLI

PRINCIPE

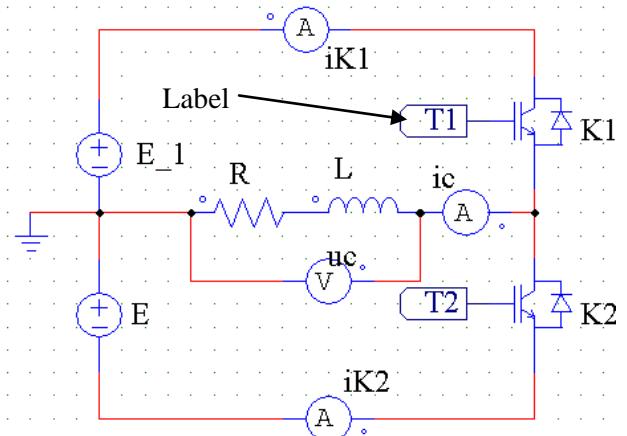
On utilise la MLI intersectorive : les signaux de commande des interrupteurs sont obtenus par comparaison d'un signal triangulaire de fréquence élevée (porteuse) et d'un signal sinusoïdal (modulante). La modulante définit la fréquence des grandeurs de sortie u_c et i_c .

$E = E_1 = 90$ Volts, $R = 10 \Omega$, $L = 40 \text{ mH}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

Notation : on définit deux paramètres m et p par

$$m = \frac{\text{amplitude de la modulante}}{\text{amplitude de la porteuse}} ;$$

$$p = \frac{\text{fréquence de la porteuse}}{\text{fréquence de la modulante}}$$



ÉNONCE-PÉPARATION

La modulante v_1 et la porteuse ont les allures suivantes :

La commande des interrupteurs est complémentaire :

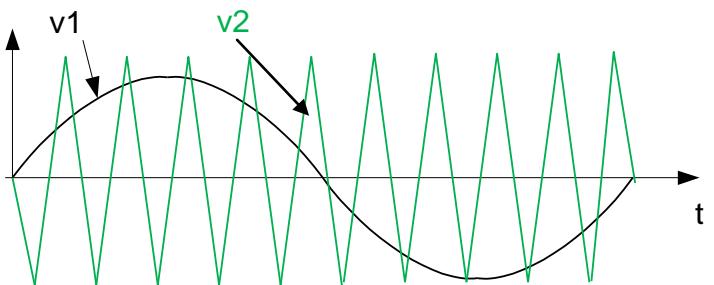
- si $v_1 > v_2$ K1 est fermé,
- si $v_2 > v_1$ K2 est fermé.

Pour la préparation $m=0,8$, $p=10$.

1. Représenter $u_c(t)$, calculer sa valeur efficace.
On donne l'expression du fondamental de $u_c(t)$: $u_{c1}(t) = 50,9\sqrt{2} \sin \omega t$. Le taux de distorsion harmonique est défini par :

$$Thd = \frac{\sqrt{U_{c_{eff}}^2 + U_{c1_{eff}}^2}}{U_{c_{eff}}}. \text{ Calculer Thd.}$$

2. Donner l'expression de $i_{c1}(t)$, fondamental de $i_c(t)$. Calculer la puissance absorbée par la charge dans l'hypothèse du premier harmonique.
3. On suppose $i_c(t)$ sinusoïdal et égal à son fondamental $i_{c1}(t)$. Représenter $u_c(t)$, $i_c(t)$, $i_{K1}(t)$, $i_{D1}(t)$, $i_{K2}(t)$, $i_{D2}(t)$ (voir page suivante). D1 et D2 sont les diodes en parallèle avec K1 et K2.



SIMULATION DE LA COMMANDE

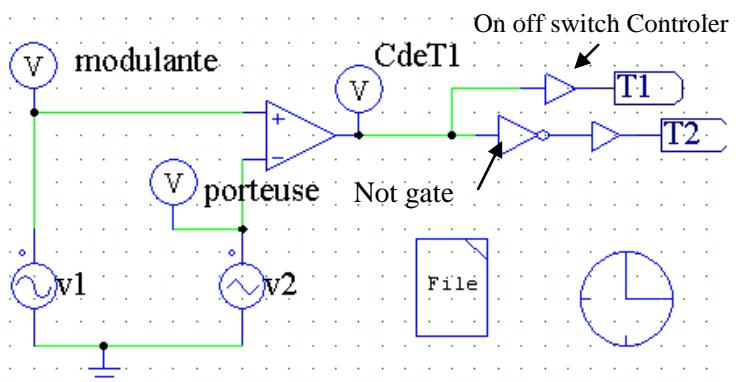
Les signaux de commande des interrupteurs sont obtenus en comparant un signal triangulaire (v_2) d'amplitude $\pm 10V$ de fréquence $p.f$ avec une sinusoïde (v_1) d'amplitude $m.10$ Volts et fréquence f . Pour synchroniser les deux signaux, on introduit au niveau de la sinusoïde un déphasage de $90^\circ/p$, soit ici $12,9^\circ$. L'interface entre les signaux de commande et la puissance est réalisée par l'élément *ONCTRL* (bibliothèque *OTHER Switch Controllers*). Les paramètres m et p sont renseignés dans l'élément *file*.

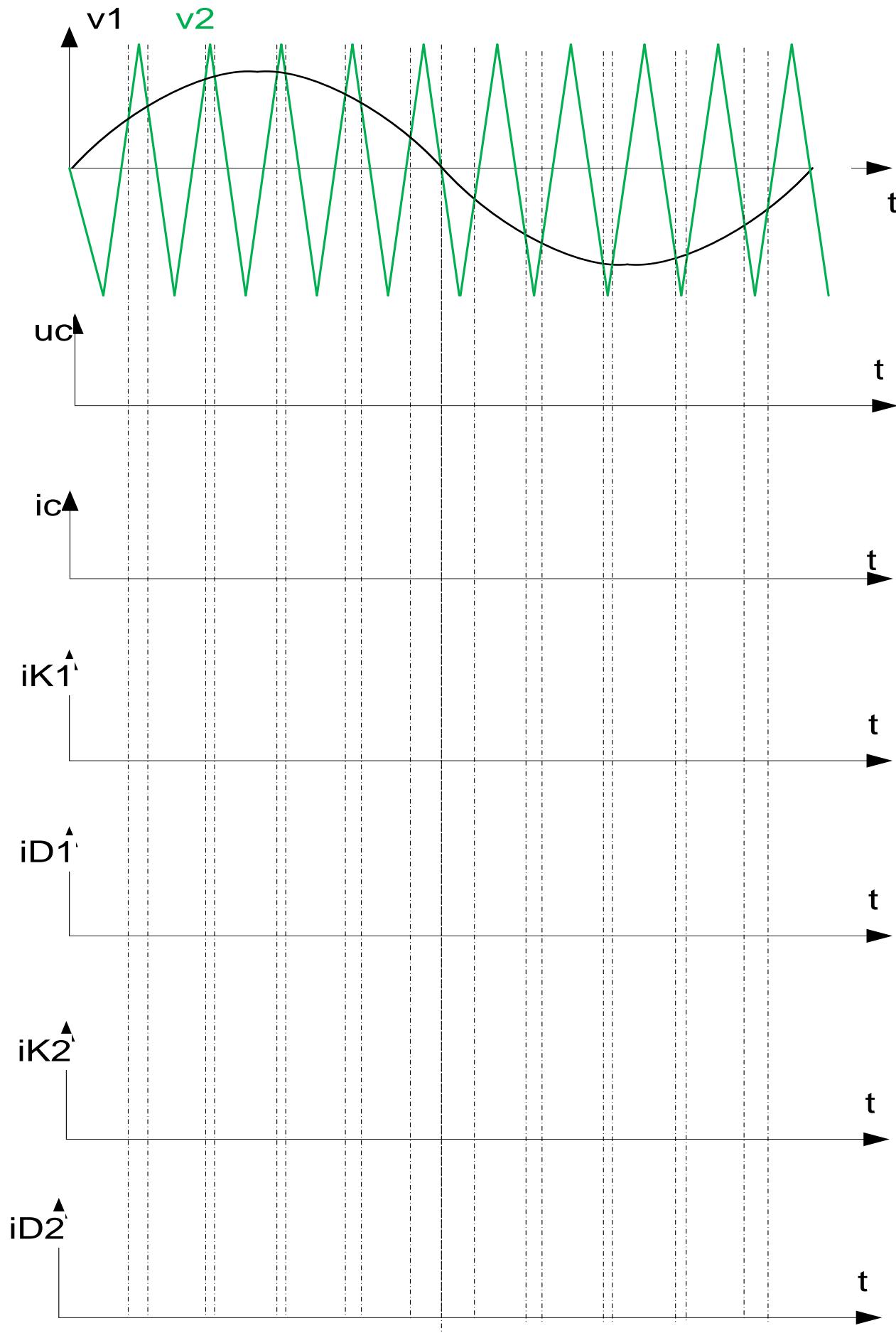
Paramètre de v_1 : amplitude = $10.m$, fréquence : 50Hz , phase : $90^\circ/p$, offset 0.

Paramètre de v_2 : amplitude crête à crête = 20 Volts, fréquence : $50.p$, rapport cyclique : $0,5 : 90/p$, offset 0.

Travail demandé

1. Saisir le schéma de l'onduleur et de sa commande. Paramétrier les sources et les composants. Définir f , m et p dans le composant *File* à raison d'un paramètre par ligne $f=50$, $p = 10$, $m = 0.8$
2. Visualiser la commande de la porteuse (*porteuse*) et de la modulante (*modulante*) sur le même axe. Visualiser $u_c(t)$, la commande de T1 (*CdeT1*) et $i_c(t)$ sur des axes séparés.
Paramétrage *Simulation Control* (pour le régime permanent) : *Steep Time* 10^{-7} , *Total Time* 0.14, *Print Time* 0.12, *Print Steep* 100
3. Changer le paramétrage de *File* avec $p = 90$ et recommencer la simulation. Conclure quand à $i_c(t)$.





TP4 : ONDULEUR MONOPHASÉ MONO SOURCE A COMMANDE MLI

OBJECTIFS

- Analyser et relever les formes d'ondes d'un onduleur réalisé à l'aide d'un pont mono source à commande MLI.
- Voir l'intérêt de la commande MLI

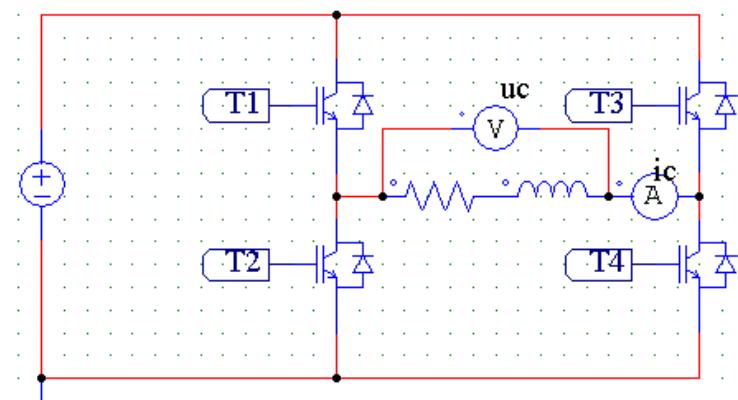
PRINCIPE

On utilise la MLI intersective. Les signaux de commande des interrupteurs sont obtenus par comparaison d'un signal triangulaire de fréquence élevée (porteuse) et d'un signal sinusoïdal (modulante) définissant la fréquence des grandeurs de sortie u_c et i_c . $E=90V$, $R=10\Omega$, $L=40mH$, $F=50$ Hz,

Notation

$$m = \frac{\text{amplitude de la modulante}}{\text{amplitude de la porteuse}} ;$$

$$p = \frac{\text{fréquence de la porteuse}}{\text{fréquence de la modulante}}$$

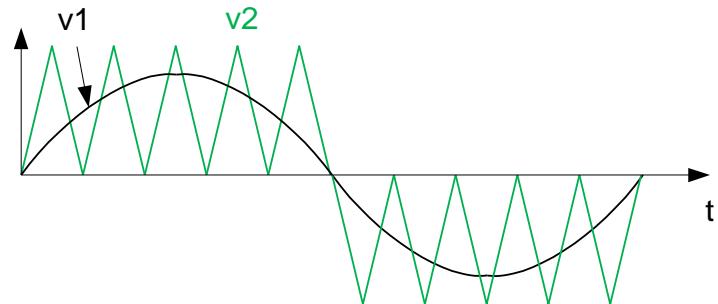


ENONCE-PREPARATION

La modulante v_1 et la porteuse ont l'allure suivante :

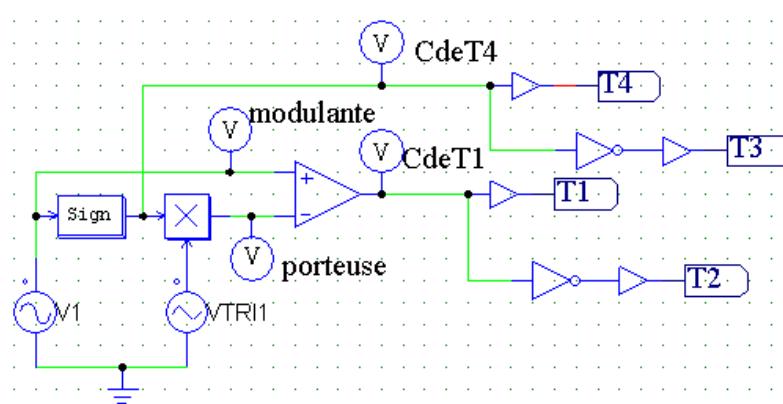
La commande des interrupteurs est complémentaire :

- si $v_1 > v_2$ T1 est fermé,
 - si $v_2 > v_1$ T2 est fermé,
 - si $v_1 > 0$ T4 est fermé,
 - si $v_1 < 0$ T3 est fermé,
- Pour la préparation $m=0,8$, $p=10$.
1. Représenter $u_c(t)$
 2. On donne l'expression du fondamental de $u_c(t)$: $u_{c1}(t)=50,7\sqrt{2}.\sin\omega t$. Donner l'expression de $i_{c1}(t)$, fondamental de $i_c(t)$. Calculer la puissance absorbée par la charge dans l'hypothèse du premier harmonique.
 3. On suppose $i_c(t)$ sinusoïdal et égal à son fondamental $i_{c1}(t)$. Représenter $i_c(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$ (voir page suivante)



SIMULATION DE LA COMMANDE

Les signaux de commande des interrupteurs sont obtenus en comparant un signal triangulaire (VTRII) d'amplitude $\pm 10V$ de fréquence $p.f$ et une sinusoïde ($V1$) d'amplitude $m.10$ volts et de fréquence F . Pour synchroniser les deux signaux, on introduit au niveau de la sinusoïde un déphasage de $90^\circ/p$, soit ici $12,9^\circ$. L'interface entre les signaux de commande et la puissance est réalisée par l'élément *ONCTRL* (bibliothèque *OTHER Switch Controllers*). Les paramètres m et p sont renseignés dans l'élément *file*.



Pour inverser la porteuse, on change de signe lors de la deuxième alternance de $V1$ à l'aide de l'élément *Sign*. Paramètre de $V1$: amplitude = $10.m$, fréquence : $50Hz$, phase : $90/p$, offset 0.

Paramètre de *VTRII* : amplitude crête à crête = 10, fréquence : $50.p$, rapport cyclique : 0,5 : $90/p$, offset 0.

Travail demandé

1. Saisir le schéma de l'onduleur et de sa commande. Paramétrier les sources et les composants. Enregistrer dans le composant *File* à raison d'un paramètre par ligne $f=50$, $p = 10$, $m = 0.8$
2. Visualiser la commande de la porteuse (*porteuse*) et de la modulante (modulante) sur le même axe. Visualiser $u_c(t)$, la commande de T1 (*CdeT1*) et $i_c(t)$
3. Changer le paramétrage de *File* avec $p = 90$ et recommencer la simulation

