

SIMULER EN ELECTROTECHNIQUE AVEC PSPICE

Philippe MISSIRLIU
LPR Newton ENREA
1 Pl. Jules Verne
92110 Clichy
tel 01 41 06 78 78 poste 352

Pourquoi simuler ?

L'utilisation d'un logiciel de simulation s'impose de plus en plus comme une nécessité dans les sections de STS Electrotechnique :

- Cette technique permet d'obtenir des résultats lorsque le matériel nécessaire est manquant car sophistiqué : mesurer le courant dans un transistor, calculer la transformée de Fourier d'un signal, mesurer des flux magnétiques.
- Les étudiants étant ce qu'ils sont et non ce que nous voudrions qu'il soient, de nombreux phénomènes sont trop complexes pour une étude théorique, la simulation permet de montrer ce que l'on n'a plus le temps d'expliquer.
- La simulation est de plus en plus utilisée dans l'industrie, il faut donc y préparer nos étudiants.

Pourquoi Pspice ?

De nombreux logiciels existent sur le marché. Pspice a divers avantages :

- Il est basé sur le standard industriel Spice et donne donc accès à d'immenses bibliothèques de modèles développées par les fabricants.
- Pspice est un logiciel très répandu dans l'industrie.
- Il permet de mélanger sans aucun problème des composants numériques et analogiques.
- La prise en main du logiciel est facile et parfaitement du niveau d'un étudiant de 1^{ère} année de STS.

La version professionnelle de Pspice n'est hélas pas à la portée du budget d'une section de STS. Mais il existe fort heureusement une version d'évaluation absolument gratuite et disponible soit directement sur Internet soit sous forme de CDROM auprès du distributeur.

Une version d'évaluation est toujours limitée, bien sûr, mais ici la limite est uniquement dans le nombre de connexions que l'on peut simuler. Toutes les autres fonctionnalités du logiciel très puissant qu'est Pspice sont disponibles.

Nous utilisons Pspice en STS Electrotechnique, en particulier en projet, depuis trois ans. A cette fin nous avons développé un certain nombre d'astuces et, surtout, une bibliothèque de composants spécialement adaptés. Nous parvenons ainsi à prendre en compte tous les aspects d'un système électrotechnique : électronique de puissance, mécanique, électronique de commande numérique et analogique, asservissements, avec un seul logiciel. De plus un logiciel gratuit !

L'objet de cet article est de faire la démonstration de ce qui précède autour d'un thème souvent réalisé en STS Electrotechnique, l'asservissement de vitesse d'une MCC alimentée par un pont redresseur.

Les interrupteurs

La version d'évaluation de Pspice propose bien une série d'interrupteurs classiques : transistor bipolaire, transistor à effet de champ, IGBT (à partir de la version 8), thyristor, triac. Mais si on essaie de simuler un simple pont PD3 on sera confronté à deux problèmes :

- Le thyristor disponible dans la version d'évaluation a un V_{RRM} de 50V et un courant max de 1A.
- Au delà de trois thyristors, la capacité de la version d'évaluation est dépassée.

La solution consiste à concevoir un composant « maison » tel que le thyristor Thtri de la bibliothèque de l'ENREA. Celui-ci est certes moins proche de la réalité : le circuit d'amorçage n'est pas à prévoir, des phénomènes tels que le courant de maintien ou l'amorçage en dV/dt ne sont pas pris en compte. Mais le modèle reste satisfaisant pour une utilisation en STS. La figure 1 montre un pont tout thyristor utilisant ce composant. On remarquera que la commande des thyristors n'apparaît pas. On peut en effet « cacher » cet aspect du problème pour, par exemple, faire préparer ou vérifier rapidement les résultats d'un TP. Les formes d'ondes obtenues sont présentées à la figure 2. Pspice possède une extension de visualisation des résultats extrêmement puissante. On peut visualiser des grandeurs en valeur instantanée, moyenne, efficace, faire une analyse

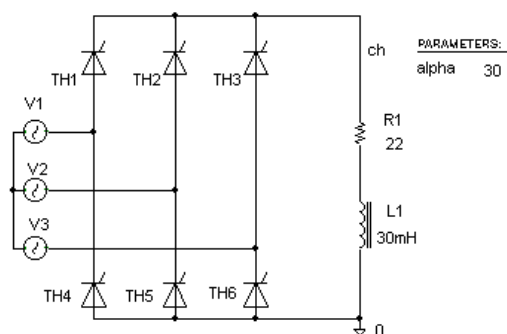


Figure 1

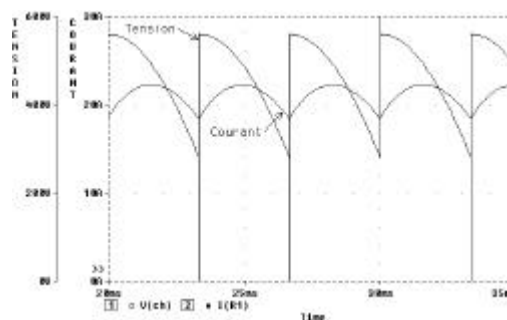


Figure 2

harmonique. Il existe aussi des fonctions plus sophistiquées. Dans le cas de notre montage, on pourrait visualiser les variations de la valeur moyenne de la tension de sortie en fonction du retard à l'amorçage.

Simulation des grandeurs mécaniques

Un logiciel utilisable en électrotechnique doit pouvoir simuler les grandeurs mécaniques. Ceci n'existe bien sûr pas «d'origine». Nous l'avons réalisé en utilisant une analogie classique entre les grandeurs électriques et mécaniques :

Grandeur mécanique	Grandeur électrique équivalente
Vitesse	Tension
Couple	Courant
Moment d'inertie	Capacité d'un condensateur
Frottement visqueux	Inverse d'une résistance
Liaison élastique	Inverse d'une inductance

En utilisant cette analogie, nous avons développé un modèle de MCC et un modèle de charge mécanique. Ces deux modèles sont paramétrables. La figure 3 montre la MCC alimentée par le pont du § précédent et chargée par le composant ENREA. Les formes d'onde obtenues sont à la figure 4.

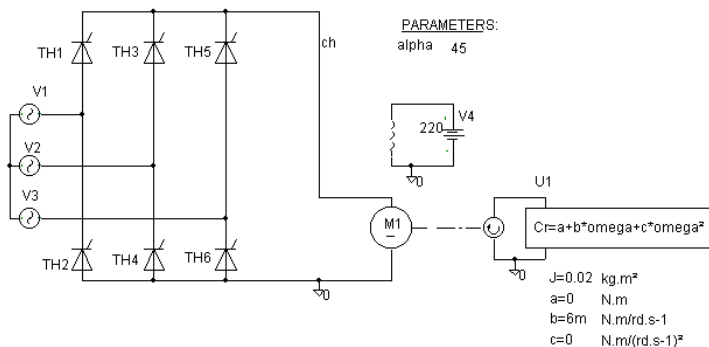


Figure 3

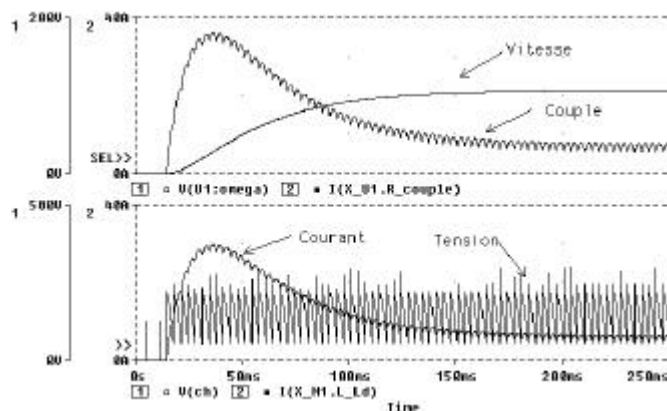


Figure 4

Les asservissements

Pspice permet d'intégrer dans une simulation des blocs définis par une fonction mathématique dont, entre autre, des transformées de Laplace. Nous avons utilisé cette possibilité pour modéliser l'asservissement de vitesse de la MCC. Pour que le temps de calcul ne soit pas prohibitif il faut remplacer le pont PD3 du

paragraphe précédent par un modèle plus simple. Dans un premier temps nous utilisons un simple gain. On pourra par la suite simuler l'échantillonnage dû au convertisseur statique en introduisant un retard pur. On utilise

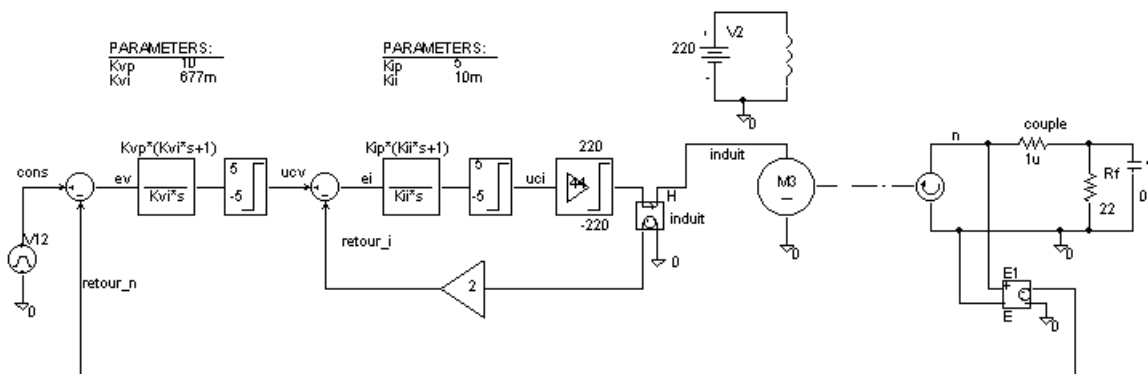


Figure 5

la structure classique à deux boucles imbriquées avec des correcteurs PI. La figure 5 présente le schéma.

La figure 6 présente la réponse indicielle du système. Pspice permet bien sûr de faire également l'étude harmonique et de tracer les diagrammes classiques : Bode, Nyquist, Black. L'intérêt de la simulation pour ce type d'étude est qu'il est très facile de modifier un paramètre de l'asservissement et d'en observer les

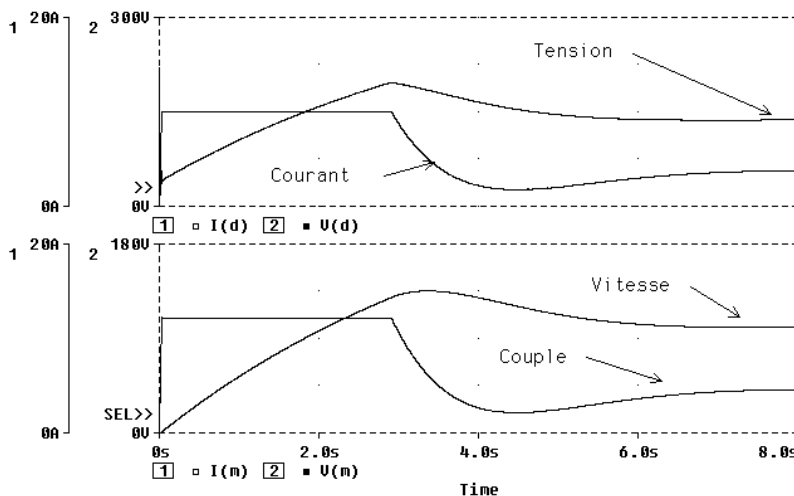


Figure 6

conséquences.

Circuits de commande

La simulation d'un circuit de commande ne demande pas d'adaptation particulière. Le logiciel est conçu pour ce type d'application. On notera que l'on peut mélanger des fonctions analogiques et des fonctions numériques. L'exemple que nous présentons est un projet de BTS réalisé à l'ENREA : un onduleur monophasé 50Hz avec commande en MLI calculée à deux angles. Le schéma est présenté figure 7. La séquence de commande des interrupteurs est précalculée et introduite dans une EPROM dont les 1024 premières adresses sont lues toutes les 20ms. Les formes d'onde du courant et de la tension de sortie sont présentées à la figure 8. L'analyse

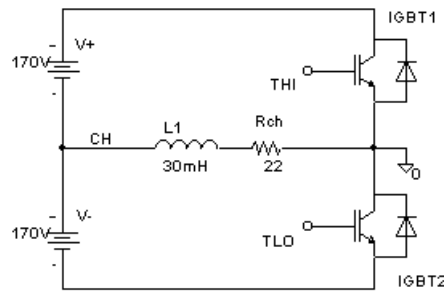
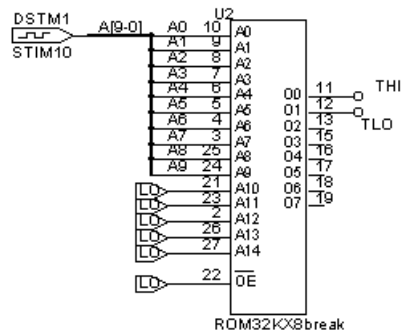


Figure 7

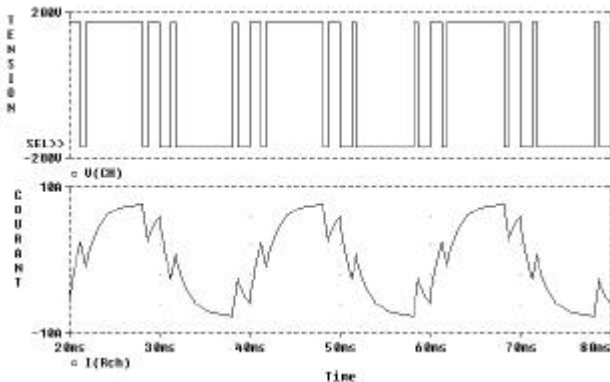


Figure 8

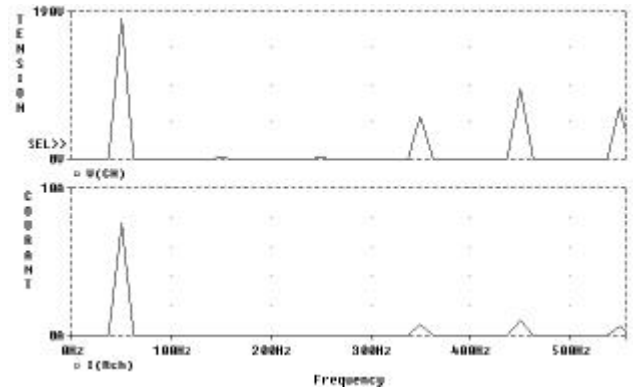


Figure 9

harmonique de ces grandeurs est présentée à la figure 9. On vérifie bien que le premier harmonique de tension présent est de rang 7. On notera que le fichier qui a servi à programmer l'EPROM virtuelle est le même que celui qui servira pour l'EPROM réelle.

Fabriquer ses propres composants

Spice est devenu le standard de fait dans l'industrie. Un avantage de cette situation est que beaucoup de constructeurs fournissent des modèles compatibles Spice. Un exemple : nous utilisons à l'ENREA un multiplieur analogique AD633 d'Analog Devices. Nous avons obtenu sur son site Internet un modèle Spice de ce composant. Il ne restait plus qu'à créer le symbole correspondant et à l'ajouter à la bibliothèque « maison ».. Une autre possibilité pour créer un modèle de composant est la modélisation comportementale ABM qui utilise des blocs définis par des fonctions mathématiques. Nous nous sommes servis de cette technique pour créer un modèle du convertisseur RMS AD736 d'Analog Devices dont le modèle n'est pas disponible. Nous avons utilisé le synoptique du composant et les caractéristiques données dans la documentation du constructeur. La version d'évaluation de Pspice autorise l'utilisation d'une bibliothèque personnelle de 20 composants maximum.

Pour conclure

Nous utilisons Pspice comme logiciel unique au Lycée Newton ENREA depuis maintenant trois ans et nous en sommes satisfait. Les lecteurs qui voudraient en savoir davantage pourront télécharger depuis le site Internet du lycée la bibliothèque que nous avons créée, des exemples de simulations dont celles qui sont présentées ici ainsi que des documents pédagogiques.