Space : un environnement de simulation de circuits analogiques simple et convivial sous Matlab

Stéphanie Mengué et Christophe Vignat

Laboratoire des Systèmes de Communications - Université de Marne la Vallée
5 Boulevard Descartes, 77454 Marne la Vallée Cedex 2
{vignat,smengue}@univ-mlv.fr

Résumé : Cet article présente un simulateur de circuits analogiques linéaires et non-linéaires sous l'environnement Matlab/Simulink pour l'enseignement de l'électronique en E.E.A. Les avantages de cet outil par rapport aux logiciels classiques sont, outre sa gratuité : sa modularité (possibilité d'intégrer facilement des nouveaux composants) ; sa souplesse d'utilisation (possibilité de visualiser et transformer sans programmation les signaux associés au circuit). Ainsi, cet outil permet à l'étudiant d'appréhender efficacement les notions essentielles de la théorie des circuits et les lois de l'électricité.

Mots clés : Electronique Analogique, Simulations Numériques, Travaux Pratiques d'Electronique

1. Généralités

Dans le cadre de l'enseignement d'électronique analogique en E.E.A., nous avons développé, sous l'environnement Matlab/Simulink, un logiciel nommé Space qui propose une approche conviviale de la simulation de circuits électroniques analogiques linéaires et non-linéaires. L'étudiant dispose d'une interface graphique lui permettant de spécifier le circuit sans aucune programmation. Puis les tensions et intensités dans le circuit sont calculées; grâce à la souplesse de Matlab, ces données peuvent ensuite être représentées et manipulées sous leurs formes temporelles ou fréquentielles. Ainsi les notions fondamentales de l'électronique analogique telles que les lois de Kirchoff, le théorème de superposition, de Thévenin, les régimes transitoires et permanents... peuvent être facilement illustrés et assimilés. Cet environnement, d'utilisation plus simple et plus souple que les logiciels classiques comme Spice, est en cours d'expérimentation en séance de travaux pratiques.

2. Les spécificités de Space

Space a été conçu afin de répondre aux exigences suivantes:

- un simulateur gratuit de circuits électroniques analogiques linéaires ou non-linéaires
- un outil ne nécessitant aucune programmation donc utilisable très tôt dans la séquence universitaire
- une interface graphique simple et intuitive
- des possibilités étendues d'analyse du circuit: étude temporelle et fréquentielle des signaux, calcul des fonctions de transfert...

Afin de répondre à ces exigences, nous avons choisi la plate-forme de simulation Matlab/Simulink: l'idée sous-jacente de Space consiste en l'ajout d'une couche logicielle à Simulink, qui lui permet désormais de traiter non seulement les systèmes mais aussi les circuits. Pour cela, nous avons mis en œuvre la méthode nodale qui permet de transformer le circuit en un système équivalent, en calculant le système différentiel qui régit les courants et tensions constitutifs du circuit. Une fois cette conversion effectuée, les équations sont naturellement résolues à l'aide d'une des méthodes d'intégration numérique disponible sous Simulink : remarquons que Simulink est utilisé ici uniquement dans sa fonction d'interface graphique, pour la spécification du circuit.

Notre choix répond aux exigences formulées précédemment, dans la mesure où:

- l'environnement Matlab/Simulink étant largement répandu dans le milieu universitaire, l'utilisation de Space ne nécessitera aucun investissement supplémentaire
- la mise en œuvre du simulateur est immédiate et hérite de la convivialité inhérente à Simulink
- notre environnement bénéficie de l'ensemble des capacités de traitement numérique associées à Matlab
- aucune programmation Matlab n'est demandée à l'étudiant

3. Description de Space

L'interface Space se présente sous la forme décrite figure 1, forme en tous points analogue à celle présentée par Simulink.

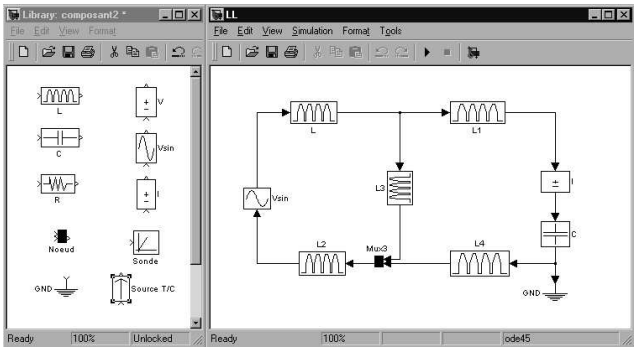

Figure1: l'interface Space

L'étudiant peut soit étudier un circuit existant, soit créer un nouveau circuit en plaçant sur une feuille vierge les composants qui le constituent. Pour cela, il sélectionne dans une bibliothèque (à gauche Fig.1) les composants élémentaires (résistance, bobine, condensateur, sources de courant et tension, sources commandées, nœuds, masse), les fait glisser dans la fenêtre du circuit et les relie aux autres éléments. Une simple sélection avec la souris d'un composant permet de choisir ou modifier ses paramètres.

Ce système de bibliothèque se révèle particulièrement souple dans la mesure où l'étudiant peut aisément l'enrichir de nouveaux composants: Space a en effet été programmé de telle sorte qu'un composant peut lui-même être constitué de plusieurs sous-composants. Par exemple, le composant 'Condensateur' utilisé dans le circuit RC série représenté figure 2 consiste en la mise en parallèle d'un condensateur avec une résistance de fuite.

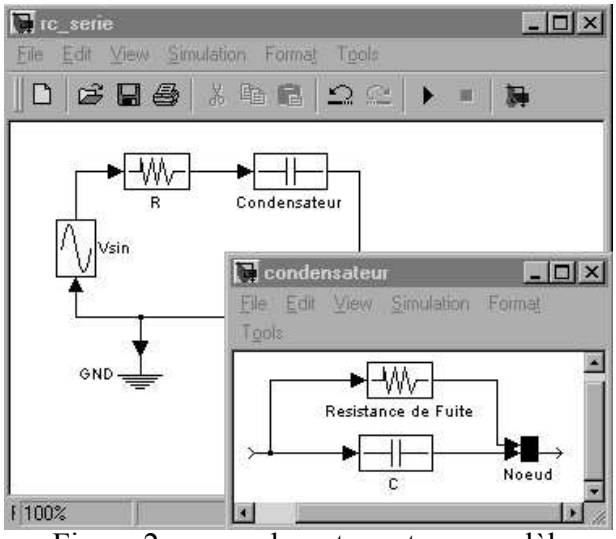

Figure 2: un condensateur et son modèle

4. Exemples d'utilisation

Les courbes suivantes, issues des protocoles de travaux pratiques, illustrent les potentialités de Space.

L'étudiant peut par exemple analyser un régime transitoire en observant la charge d'un condensateur (Figure 3).

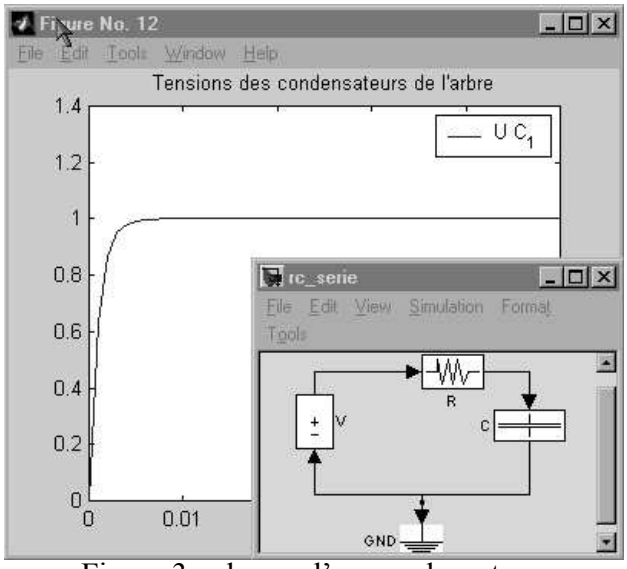

Figure 3 : charge d'un condensateur

Un autre exemple, cette fois en régime harmonique, est apporté par un circuit RLC série; la figure 4 représente la réponse fréquentielle du circuit RLC, visualisée sans programmation par l'étudiant.

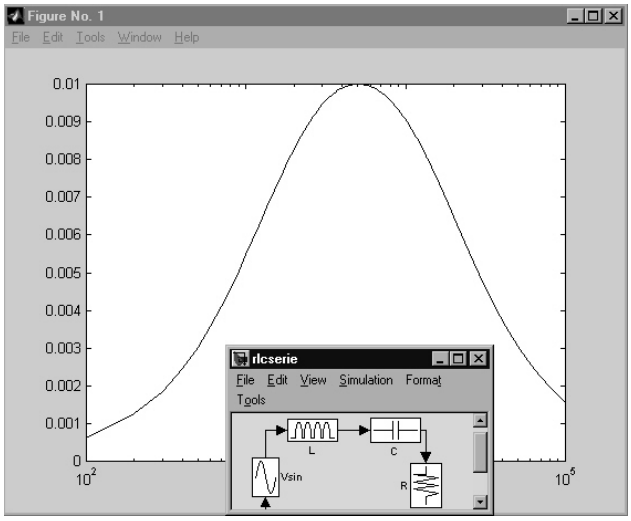

Figure 4 : réponse fréquentielle d'un circuit RLC

Références

[1] Robert C. Balabanian, James A. McPeek, *Electrical Network Theory*, Krieger Publishing Company, June 1969

[2] Egon Brenner and Mansour Javid, *Analysis of electric circuits,* New York, McGraw-Hill, 1959.