

Site HTML 5 de découverte du fonctionnement des circuits électriques et électroniques à l'aide de vidéomodèles

Prof. Dr Ir F. GUEUNING
Ing. C. FLEMAL
ECAM Bruxelles

Une collaboration entre l'ECAM et Erasmushogeschool Brussel débouche sur la création d'un site internet trilingue dédié à la perception du comportement dynamique des circuits électriques et électroniques à l'aide de vidéomodèles. Si les vidéomodèles existent à l'ECAM depuis une bonne dizaine d'années, ils manquaient d'une structure les rassemblant, dotée d'une interface de visualisation conviviale, interactive et accessible à domicile.

Mots-clefs : vidéomodèles, circuits électroniques, HTML 5

A collaboration between ECAM and Erasmushogeschool Brussels leads to the creation of a trilingual website dedicated to the perception of the dynamic behavior of electric and electronic circuits using videomodels. If videomodels exist in ECAM past dozen years, they lacked a collection structure with a user-friendly, interactive and home accessible display interface.

Keywords : videomodels, electronic circuits, HTML 5

1. Introduction

Depuis plusieurs années, l'ECAM utilise dans ses cours d'électronique une technique de visualisation 3D du comportement des circuits appelée "vidéomodèles". Cette technique est destinée à aider les étudiants à comprendre rapidement ce qui se passe dans un circuit mais elle était jusqu'à présent principalement réservée à un usage en auditoire. Comme il est apparu que sans informations complémentaires concernant la lecture d'un vidéomodèle, cette dernière peut se révéler moins aisée qu'on pourrait l'espérer, il a été décidé de développer un environnement convivial facilitant l'exploitation des vidéomodèles à domicile.

2. Vidéomodèle

Le terme "vidéomodèle" créé à l'ECAM vient de "video : je vois, mais ce que je vois n'est qu'un modèle". Les vidéomodèles sont décrits en [2]. Reprenons-en quelques aspects.

Un circuit est constitué de composants connectés entre eux à l'aide de conducteurs. Son comportement respecte à tout instant les lois de Kirchhoff et les lois de chaque composant. Ce comportement est donc décrit par des équations. Les vidéomodèles expriment les résultats de ces équations à l'aide d'une représentation 3D où :

- le schéma occupe les deux premières dimensions
- la troisième dimension représente le potentiel électrique
- le courant, là où il est représenté, apparaît sous forme d'un cône jaune entourant le conducteur.

Chaque image d'un vidéomodèle montre le circuit à un instant donné.

La figure 1 montre une image extraite d'un vidéomodèle. La taille réduite ici n'est pas propice à découvrir les détails mais on peut comprendre que les différents signaux représentés sur les courbes de gauche sont exprimés sur la représentation 3D par la hauteur des noeuds (concernant le potentiel) ou par l'amplitude et le sens des cônes (concernant le courant). Les vidéomodèles permettent à la fois de se faire une idée d'ensemble du comportement et de se focaliser sur les détails. Le vidéomodèle de la figure 1 est utilisé dès le début de la deuxième année de bachelier pour comprendre en gros ce qu'est

un amplificateur, il revient plus tard quand il s'agit de calculer un point de fonctionnement ou un gain. Il réapparaît encore au-delà de la deuxième année de bachelier lors de l'étude d'effets parasites limitant la réponse en fréquence du transistor.

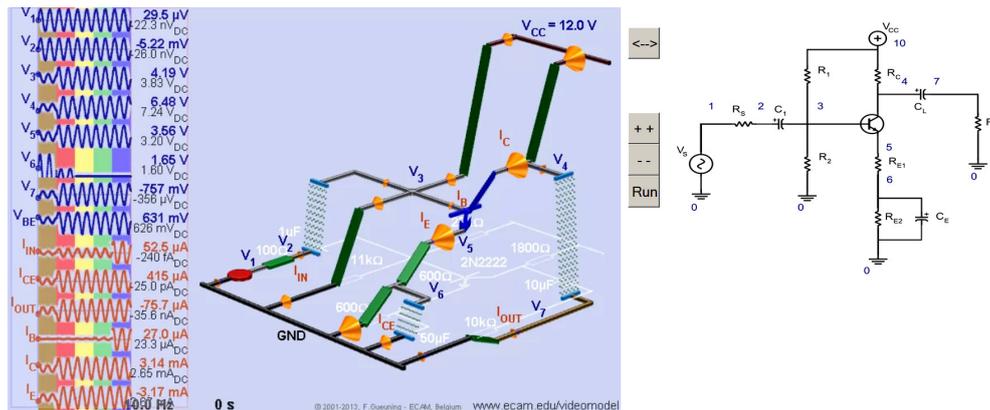


Figure 1: Image extraite du vidéomodèle d'un amplificateur à transistor et schéma du circuit

Il existe d'autres techniques que les vidéomodèles pour représenter le comportement des circuits. Le site de Falstad [1] est intéressant. Les représentations y offrent l'avantage d'être basées directement sur le schéma 2D, ce qui ne nécessite pas d'adaptation à la 3D. Le courant y est représenté par des grains se déplaçant dans les branches à une vitesse proportionnelle au courant instantané, ce qui est très visuel. Par contre, cet effet disparaît complètement sur une image fixe. Quant au potentiel, il y est représenté par la couleur du conducteur. Malheureusement la couleur souffre d'une résolution assez pauvre par rapport à la hauteur utilisée par les vidéomodèles. Et de plus, l'œil est nettement moins sensible aux effets dynamiques d'une variation de couleur qu'à ceux d'une variation de hauteur.

Les vidéomodèles, eux, sont parfaitement lisibles lors d'arrêts sur image et exploitent, à la fois pour le courant et pour la tension, la très bonne sensibilité de l'œil à la détection de mouvement. Par contre, ils exigent la 3D qui complique sensiblement la réalisation et qui n'est pas nécessairement perçue aisément par tous.

L'expérience a montré que des individus sans connaissance particulière de l'électricité parvenaient à comprendre en quelques minutes le rôle principal des résistances, condensateurs et transistor dans le vidéomodèle de la figure 1

à condition de disposer d'un exposé personnalisé adéquat. A l'inverse, il n'est pas rare que des étudiants ayant compris au cours éprouvent des difficultés à retrouver le comportement de circuit sur certains vidéomodèles s'ils ne disposent plus d'explications complémentaires.

Il est donc clair que si le vidéomodèle peut être un auxiliaire efficace à la compréhension, il est nécessaire de lui adjoindre d'autres outils. Cette problématique a fait l'objet d'une recherche menée par l'ECAM et Erasmushogeschool - Brussel (dont le département ingénieur industriel est maintenant intégré à la VUB) et soutenue durant deux ans par le Fonds Prince Philippe. Elle a débouché sur la réalisation du site internet accessible à l'adresse <http://videomodel.ecam.be> et décrit ci-après.

3. Interface utilisateur du site

3.1. Structure de page

Toutes les pages de ce site ont la même structure que l'on peut voir sur la figure 2. Elle comporte :

- Un menu vers les pages disponibles
- Un choix de langue parmi français, néerlandais et anglais
- Le titre, suivi d'une zone destinée à un texte introductif
- Une zone de grande image, en général occupée par un vidéomodèle
- Une zone de petite image, en général occupée par le schéma du circuit étudié. Le bouton <-> situé entre les deux images permet de les permuter.
- Une zone "Qu'est-ce" comportant des boutons de liens vers les pages des composants présents dans le circuit. Ceci permet d'identifier rapidement le symbole 3D d'un composant et d'accéder directement à son modèle mathématique. En utilisant ce modèle, l'étudiant peut vérifier si à tout instant le comportement du composant dans le circuit est conforme à ce modèle.
- Pour encourager les calculs, notamment dans le cas de circuits en régime sinusoïdal, une calculatrice complexe est disponible via un bouton noté "Cal=". Cette calculatrice est décrite au point 3.4..
- Une zone de questions et réponses incitant l'étudiant à repérer certains éléments sur le vidéomodèle ou à réaliser certains calculs.
- Une zone de texte complémentaire pouvant par exemple décrire une réalisation concrète du circuit
- Des références

Accueil Composants Circuits
nl en fr

Menu
Langue

Mise sous tension de l'amplificateur à transistor bipolaire NPN en émetteur commun + point de fonctionnement

zone Introduction

Vous pouvez calculer le point de fonctionnement du transistor à partir des informations fournies sur ce vidéomodèle. Mais d'abord, pour observer la mise sous tension du circuit, lancez le vidéomodèle (cliquez sur Run). Vous pouvez aussi cliquer à gauche, sur ou à droite des courbes pour aller à l'image de votre choix.

Observations qualitatives du vidéomodèle

- L'alimentation atteint une tension continue de 12V (en haut à droite), les condensateurs se chargent progressivement. Arrêtez la vidéo vers la fin, par exemple à l'instant 570ms (indiqué en noir au milieu en bas).
- Le transistor est en régime actif puisque sa tension V_{BE} atteint environ 0.7V, et que sa tension $V_{CE} \gg 0.2V$.

lien Calculatrice

Cal=

Qu'est-ce :

Qu'est-ce

Petite image (schéma)

Grande image (vidéomodèle)

Zone Questions Réponses

Gain en courant h_{FE}

Le courant I_C peut être déterminé à l'aide de la mesure de la tension sur R_C et on obtient $I_C = (V_{CC} - V_4) / R_C = (12V - 7.21V) / 1800\Omega = 2.66mA$.

On en déduit $h_{FE} = I_C / I_B = 2.66mA / 23.2\mu A = 115$

Calcul du point de fonctionnement

Nous pouvons ici mesurer $V_{BE} = V_3 - V_5 = 3.83V - 3.20V = 0.63V$

En supposant V_{BE} et h_{FE} connus, on peut prédire I_B à l'aide de l'équation de maille :

$$V_{th} = R_{th} \cdot I_B + V_{BE} + (R_{E1} + R_{E2}) \cdot (h_{FE} + 1) \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (R_{E1} + R_{E2}) \cdot (h_{FE} + 1)} = \frac{4V - 0.63V}{7.33k\Omega + (600\Omega + 600\Omega) \cdot (115 + 1)} = 23.0\mu A$$

Références

Références

Benoît Vanderheyden - Université de Liège. Chapitre 4. Polarisation du transistor bipolaire à jonction.
<http://www.montefiore.ulq.ac.be/~vdh/supports-elen0075-1/notes-chap4.pdf>

Voir aussi :

Voir aussi

Figure 2: Structure d'une page typique

- Une zone "voir aussi" proposant des liens vers d'autres pages susceptibles d'intéresser également l'étudiant.

3.2. Interactivité

Il apparaît que l'interactivité est un aspect déterminant pour l'attractivité du site, de plus elle se révèle fort utile. Outre les boutons déjà mentionnés, elle se manifeste directement au niveau des vidéomodèles ainsi que via une aide par bulles.

Trois types de vidéomodèles pour une interactivité accrue

L'étudiant souhaite pouvoir comparer aisément des circuits légèrement différents l'un de l'autre. La génération d'un vidéomodèle comporte trop de paramètres que pour être effectuée ou modifiée aisément en temps réel par n'importe qui sur n'importe quel système. Pour qu'une certaine interactivité soit quand même possible, trois types de vidéomodèles sont actuellement développés.

- Le vidéomodèle classique comporte en général de 20 à 200 images correspondant à l'évolution d'un circuit en fonction du temps avec une période d'échantillonnage constante. Le défilement du vidéomodèle (mode Run) consiste à le faire tourner en boucle. La grande image de la figure 2 correspond à ce type de vidéomodèle contrôlé par les moyens suivants :
 - Il y a trois boutons classiques : Run (play/pause), ++ (plus vite) et -- (moins vite).
 - Sur le vidéomodèle, il suffit de cliquer sur une courbe pour aller à l'image correspondant à son abscisse temporelle mais sans arrêter le défilement s'il est en cours. Ceci est discrètement rappelé par un cadre blanc autour des courbes.
 - Cliquer sur un nom de signal situé à gauche des courbes arrête le défilement et sélectionne l'image précédente. Ceci est discrètement rappelé par un cadre bleu (signifiant "moins") autour des noms de signaux.
 - Cliquer sur la valeur d'un signal située à droite des courbes arrête le défilement et sélectionne l'image suivante. Ceci est discrètement rappelé par un cadre rouge (signifiant "plus") autour des valeurs de signaux.
- Le vidéomodèle multifréquence comporte deux périodes de signaux sinusoïdaux à plusieurs fréquences successives, par exemple à 5 fréquences avec 25 images pour chacune, ce qui correspond alors à 125 images dans le conteneur vidéo. Ce type de vidéomodèle est déjà apparu sur la figure 1. Un zoom de certaines de ses courbes est repris à la figure 3. On peut y

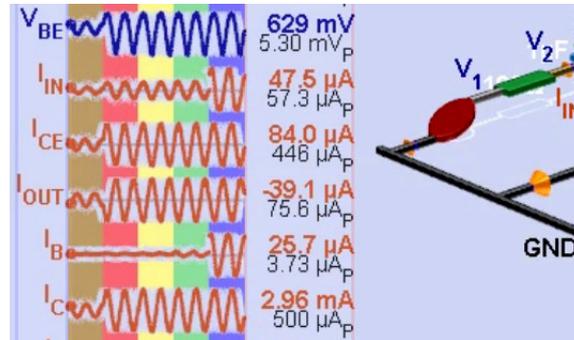


Figure 3: Zoom partiel sur les courbes d'un Vidéomodèle multifréquence à 10Hz, 100Hz, 10kHz, 100kHz et 1MHz

voir qu'elles sont sur des fonds différents, correspondant en fait chacun à une fréquence exprimée par sa couleur. Le défilement consiste à tourner en boucle sur les images de la fréquence sélectionnée par clic sur sa zone de courbes. A part cela, les contrôles sont les mêmes que pour le vidéomodèle classique.

- Le vidéomodèle statique est en général un circuit en courant continu dont on peut faire varier le paramètre de l'un ou l'autre composant. Par exemple

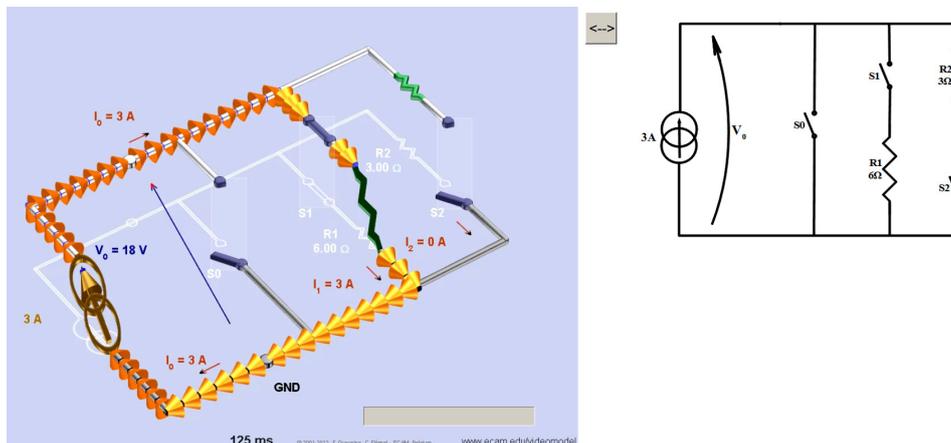


Figure 4: Vidéomodèle statique à 8 images, les 3 interrupteurs sont cliquables et discrètement encadrés de blanc

une résistance, une source de tension, une source de courant et un interrupteur peuvent varier respectivement parmi 3, 5, 4 et 2 valeurs, ce qui

donne $3 \times 5 \times 4 \times 2 = 120$ images dans le conteneur vidéo. La figure 4 montre une image d'un vidéomodèle statique. Remarquons qu'elle ne contient ni courbes ni boutons Run et autres, sauf le bouton \leftrightarrow de permutation des deux images.

Ce vidéomodèle sert dans un petit défi, proposé à partir de la première année de bachelier, et consistant à faire basculer les interrupteurs dans un ordre tel que la tension soit croissante de 0 à la valeur maximale admissible sans "détruire" la source de courant par un circuit ouvert.

3.3. Texte explicatif et phylactères

Si des zones de textes sont prévues dans la structure d'une page, elles ne permettent pas d'indiquer précisément sur le vidéomodèle ce qu'elles sont sensées expliquer. C'est pourquoi une aide séquentielle a été créée, un peu à la manière des phylactères de bandes dessinées, si ce n'est qu'ils désignent, non pas qui parle, mais qui est concerné par le texte. Cette aide est déjà disponible pour certaines pages. La figure 5 montre un exemple d'une telle aide qui se

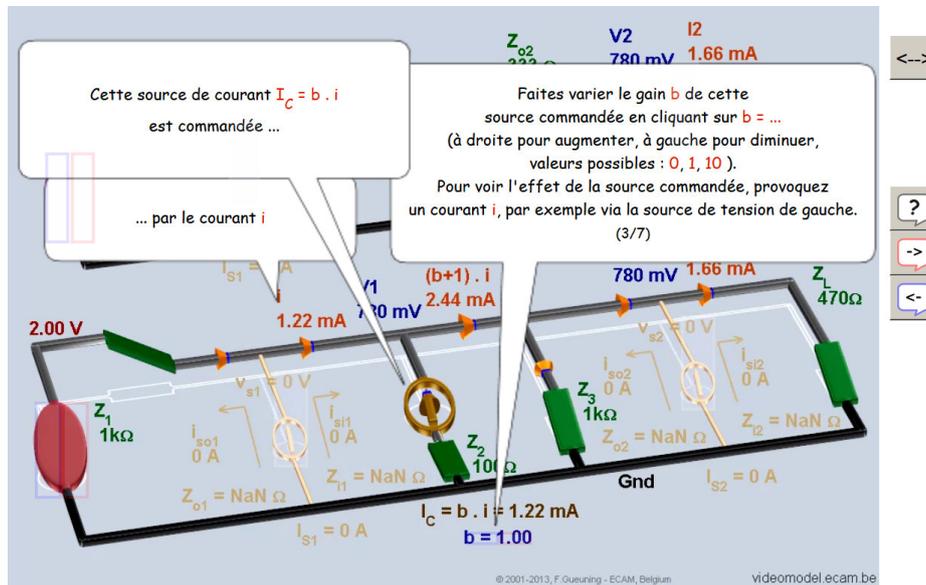


Figure 5: Aide séquentielle par phylactères

superpose au vidéomodèle. En cliquant sur les boutons \rightarrow ou \leftarrow situés à droite, ce sont les phylactères suivants ou précédents qui sont affichés. Le bouton ? permet de cacher ou montrer les phylactères. Dans l'exemple de la figure 5, il

s'agit d'une séquence de phylactères en 7 étapes et c'est la troisième qui est visible, ce qui est mentionné par la notation (3/7).

3.4. Calculer puis comparer ses résultats avec ceux du vidéomodèle

Il est intéressant de stimuler l'étudiant à se familiariser avec le calcul de circuits, notamment en nombres complexes car ils sont largement utilisés dans le domaine fréquentiel. Mais l'important est plus de formuler correctement les expressions que de les calculer, le calcul pouvant être réalisé par les machines. Il est toutefois nécessaire de pouvoir disposer des résultats pour se familiariser avec les ordres de grandeurs et les unités. C'est pourquoi une calculatrice a été réalisée en javascript et démarre via le bouton Cal= visible sur chaque page. Elle peut aisément être dupliquée et fera l'objet dans le futur d'une application indépendante sur smartphone.

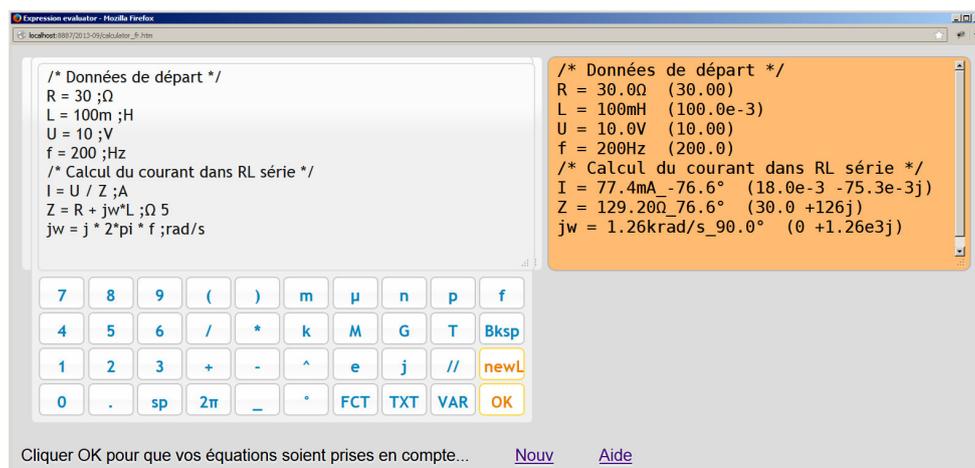


Figure 6: Calculatrice accessible via le bouton Cal= à gauche : zone d'édition, à droite : zone de résultat

La figure 6 montre cette calculatrice constituée à gauche d'une zone d'édition et à droite d'une zone de résultats. Chaque ligne peut contenir (dans l'ordre) :

- Éventuellement un nom de variable suivi du signe "="
- Une expression pouvant contenir des nombres avec préfixe mais sans unité, "j" est reconnu comme symbole imaginaire
- Éventuellement le caractère ";" suivi d'une unité physique et/ou d'un chiffre indiquant le nombre de chiffres significatifs souhaités pour le résultat (par défaut : 3)

L'ordre des lignes n'a pas d'importance. La touche OK provoque l'interprétation des expressions de la zone d'édition et la mise à jour de la zone de résultats. L'algorithme de calcul tente, lors d'une passe, de résoudre l'expression d'au moins une ligne à partir de celles déjà résolues. S'il y arrive, il réalise une nouvelle passe. Finalement les résultats sont affichés sauf pour les expressions non résolues où apparaît le caractère "?" ou encore dans le cas d'erreur de syntaxe où un message est indiqué sur la ligne correspondante.

Quelques aspects spécifiques à cette calculatrice :

- Un nombre complexe en coordonnées polaires est noté par son module suivi par le caractère "_" puis l'angle exprimé en degrés (ex : figure 6, zone de résultats : valeurs de I et Z).
- Les préfixes (m μ p f k M G T) repris sur le clavier numérique apparaissant sur la figure 6 sont acceptés dans la zone d'édition et interprétés au même titre qu'un exposant pour déterminer une valeur numérique. Ces préfixes peuvent également être calculés automatiquement pour la zone de résultats (ex : figure 6, zone d'édition : valeur de L, zone de résultats : valeurs de L et I).
- Si l'unité physique suit sans espace le caractère ";" le préfixe est automatiquement déterminé et accolé avant l'unité dans la zone de résultat, sinon le résultat est fourni avec un éventuel exposant et aucun préfixe n'est calculé.
- L'opérateur // exprime la mise en parallèle d'impédances. Il a le même niveau de priorité que la multiplication et la division. L'opérateur \$\$ exprime la mise en série d'admittances et réalise en fait la même opération, à savoir le produit des deux opérands divisé par leur somme.
- La séquence de caractères "/*" est autorisée et signifie que le reste de la ligne est un commentaire à ajouter dans la zone de résultats.

Les caractères peuvent être introduits à l'aide du clavier standard mais comme la syntaxe de la zone d'édition peut être assez fastidieuse à mémoriser, des claviers sont également proposés sur écran pour faciliter une écriture correcte. Le premier est le clavier numérique appelé NUM, c'est lui qui est visible sur la figure 6. On peut voir qu'il possède également des touches donnant accès aux claviers FCT, TXT et VAR repris à la figure 7.

Comme tout nombre est considéré a priori comme complexe, le clavier FCT rappelle les fonctions définies qui admettent un argument complexe en entrée. Ces fonctions ont été calquées sur celles du logiciel Matlab si ce n'est qu'elles

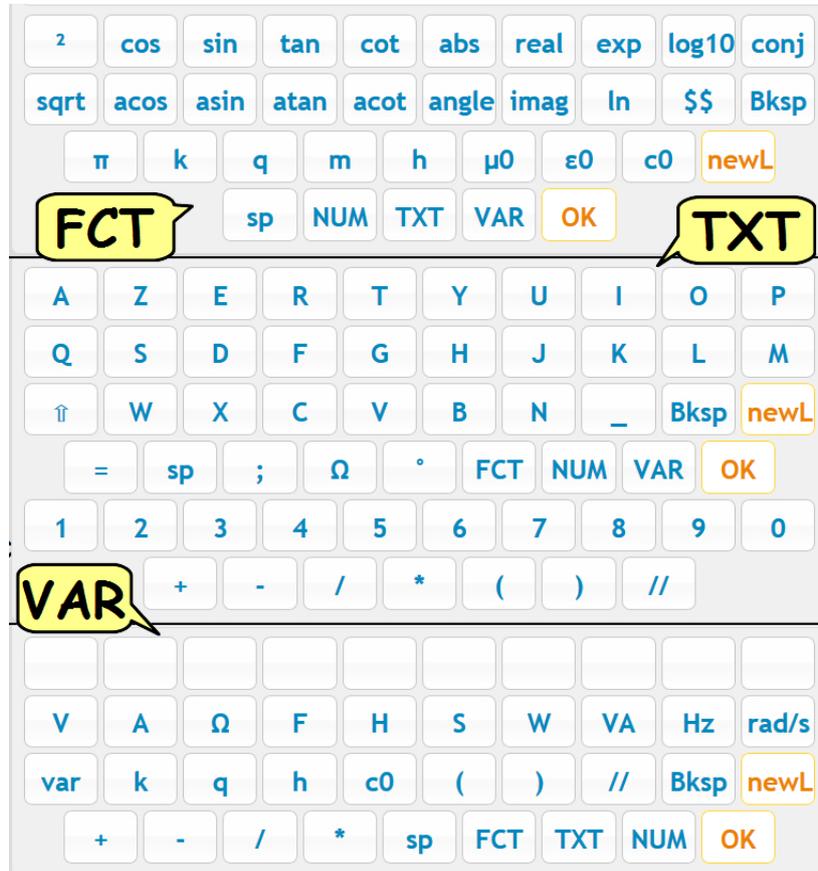


Figure 7: Claviers de la calculatrice

n'admettent qu'un scalaire en entrée et pas une matrice. Seule la notation "ln" est utilisée plutôt que "log" pour éviter la confusion par les étudiants. Le clavier FCT contient également quelques constantes physiques reconnues (π k q m h μ_0 ϵ_0 c0).

Le clavier TXT permet de créer des noms de variables. La calculatrice est sensible à la casse (majuscules, minuscules). Pour le symbole Ω (ohm) non disponible sur un clavier classique, la lettre "O" majuscule est aussi admise.

Le clavier VAR est destiné principalement à contenir les variables que l'utilisateur aurait déjà définies dans la zone d'édition. Ceci devrait faciliter l'emploi de la calculatrice sur un smartphone. Toutefois, la partie de logiciel devant

mettre à jour les touches à cette fin n'a pas encore été développée. Ce clavier contient également les principales unités utilisées en électricité.

4. Niveau de l'utilisateur

Dans la page d'accueil, l'étudiant peut choisir son niveau, de la première année de bachelier aux années terminales pour différentes finalités. L'idée est de lui fournir un site adapté à sa situation, assez succinct en 1BA et s'étendant pour les niveaux supérieurs. Par exemple, le menu ne comporte pas de composant transistor pour l'étudiant de 1BA. En 2BA, le transistor bipolaire NPN est disponible tandis qu'en 3BM et suivantes, le sous-menu transistor bipolaire NPN comporte actuellement le BC548C et le 2N2222.

Il est également utile que l'étudiant d'année supérieure puisse retrouver des notions vues précédemment mais adaptées à son contexte qui peut être plus évolué. Un exemple concerne la configuration de mise en parallèle dont on prévoit de proposer une page concernant les résistances en 1BA qui deviendra une page sur les impédances à partir de la 2BA.

Pour réaliser cela, chaque page est associée à un niveau la rendant accessible ou non suivant celui de l'utilisateur. L'arborescence des niveaux est définie dans un fichier au format xml utilisé par le programme en langage php exécuté sur le serveur et générant à la demande les pages html envoyées au navigateur.

5. Sujets traités

Les sujets sont organisés en quatre branches principales :

- Accueil. Cette branche est destinée à contenir les bases permettant d'utiliser le site. Elle comporte notamment la page d'accueil où l'étudiant sélectionne son niveau.
- Composants. Cette branche permet de voir spécifiquement chaque composant concernant ses symboles 2D et 3D ainsi que son modèle mathématique constitué des relations courants-tensions qu'il impose à ses bornes d'accès.
- Configurations. Cette branche est destinée à contenir des configurations classiques regroupant plusieurs composants au sein d'un circuit mais ne constituant en général pas le circuit complet. Songeons à une mise en parallèle, un diviseur de tension, un Darlington, un push-pull, un montage cascode, etc.

- Circuits. C'est la branche la plus complexe puisque chacune de ses pages utilise des composants et des configurations auxquels elle peut directement faire référence dans sa zone "Qu'est-ce" (figure 2) afin d'améliorer la convivialité pour l'utilisateur.

La figure 8 reprend à titre d'exemple l'arborescence des pages qui étaient déjà disponibles au niveau de la 3BM en novembre 2013. Il est prévu d'ajouter régulièrement de nouvelles pages.

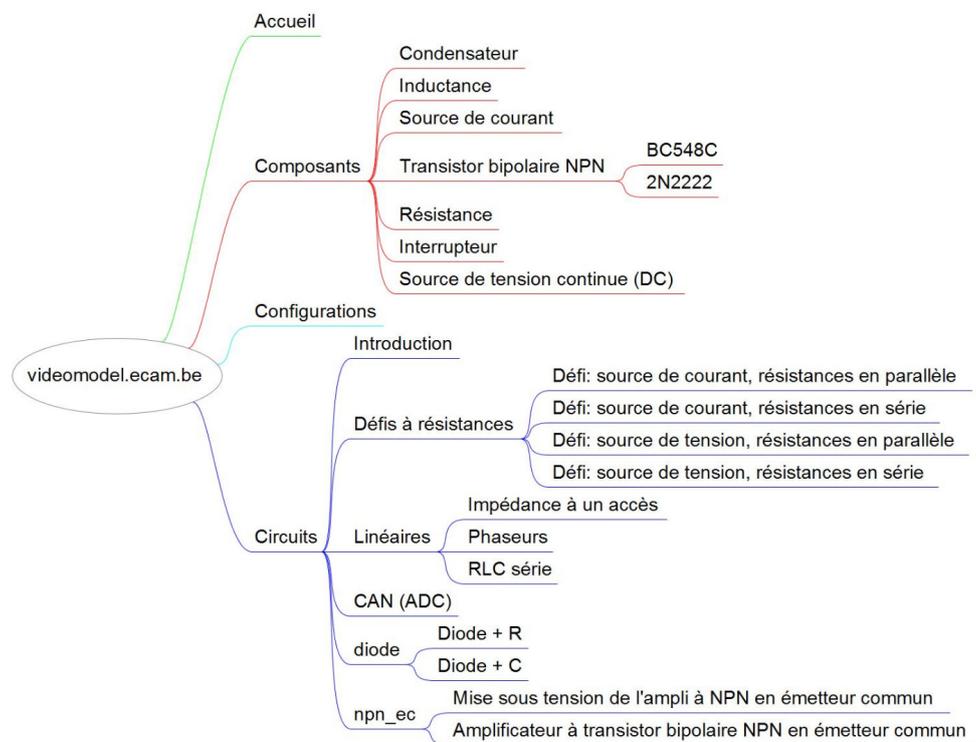


Figure 8: Arborescence des pages au niveau de la 3BM (en novembre 2013)

6. Dans les coulisses

6.1. Réalisation de vidéomodèles

La réalisation d'un vidéomodèle reste fondée sur les techniques mises au point dès 2000. Elle nécessite des informations électriques et des informations gra-

phiques. Le comportement électrique est généralement obtenu par une simulation *Spice* [3] à l'aide du logiciel *Altium Designer*. Ce dernier est également utilisé pour produire un fichier graphique 2D reprenant les composants et conducteurs à dessiner ainsi que les divers paramètres nécessaires à un affichage élégant des signaux et graphiques souhaités. Il n'est pas rare d'atteindre ainsi quelques centaines de paramètres. Dans le cas de circuits linéaires, il est possible de se passer d'une simulation et d'insérer directement dans le fichier graphique les équations électriques du circuit qui ressemblent à celles que l'on peut entrer dans la calculatrice citée plus haut si ce n'est qu'elles sont traitées de façon matricielle et peuvent être partiellement dans le domaine temporel et partiellement dans le domaine fréquentiel. Toutes ces données sont alors traitées dans le logiciel de réalisation écrit en langage *Matlab* et capable de produire automatiquement et successivement les vidéomodèles de plusieurs circuits ainsi que les informations nécessaires à la mise en évidence des zones cliquables. Compte tenu du nombre de paramètres et en fonction de la complexité du circuit, le design et la réalisation complète d'un vidéomodèle peuvent prendre de quelques dizaines de minutes à quelques jours. A l'heure actuelle, cela reste une affaire de spécialiste. Par contre, des explications et des exercices exploitant les vidéomodèles ne demandent qu'à être développés par des collaborations entre enseignants.

6.2. HTML 5

Précédemment, deux types d'outils ont été utilisés pour la visualisation de vidéomodèles. D'abord des visionneuses telles que *Windows media player*, *QuickTime* ou *Mplayer* mais il est apparu que ces visionneuses n'étaient pas très conviviales pour l'exploitation des vidéomodèles. Ensuite, *Mplayer* a été utilisée à partir de *LibreOffice* ou *OpenOffice.org*. Les résultats étaient intéressants mais nécessitaient une installation et une initiation un peu trop laborieuses aux yeux d'une partie des étudiants.

Le site développé exploite le nouveau standard *HTML 5* [4] défini par le *World Wide Web Consortium (W3C)* [5]. En fait *HTML 5* englobe *HTML*, *CSS3* et *JavaScript*. *HTML 5* propose la balise `<video>` permettant de disposer d'une visionneuse qui nous donne satisfaction si ce n'est que dans le cas de vidéo en boucle, surtout entre deux images éloignées du début de la vidéo, l'image se fige un instant lors du redémarrage de la boucle. Nous avons pallié ce problème en créant deux objets vidéos superposés fonctionnant en alternance. Lorsque le premier arrive au bout de la boucle, le deuxième est rendu visible

et démarre tandis que le premier est rendu invisible et revient au début de la boucle.

Une autre exploitation d'*HTML 5* se situe au niveau de l'objet `<canvas>` qui nous permet de réaliser les bulles d'aide.

6.3. Fichiers permettant de générer une page

Chaque page, lorsqu'elle est demandée (en indiquant son identifieur), est générée par le programme en *PHP*. Celui-ci trouve les informations principales liées à cet identifieur dans les fichiers *compo.xml* et *circuit.xml* où tous les composants et circuits sont répertoriés avec pour chacun :

- son identifieur unique
- son niveau d'utilisateur
- le chemin de son dossier
- le chemin de son icône
- dans chaque langue, un label pour le menu
- dans chaque langue, un label pour info-bulle

Les informations détaillées permettant de générer la page se répartissent en plusieurs fichiers qui lui sont spécifiques :

- un fichier *xml* précisant les composants et circuits liés ainsi que les vidéomodèles et/ou images à afficher dans les zones Grande image et Petite image (figure 2)
- pour chaque vidéomodèle, les fichiers vidéo en *mp4* et *webm* ainsi qu'un fichier *xml* précisant la nature du contenu des fichiers vidéos et les positions des zones cliquables
- dans chaque langue, un fichier *xhtml* contenant les textes destinés aux différentes zones (figure 2)
- dans chaque langue, un fichier pour l'aide par phylactères (figure 5)
- les images de la page

6.4. Rendu du site sous différents navigateurs

A l'exception d'un bogue décalant les zones cliquables dans certains cas (transitoirement contournable par zoom), les tests réalisés sur PC ont montré un bon comportement sous les navigateurs récents suivants : Firefox (versions 26 et 28 sous Win XP, 7, 8 et sous Ubuntu 12.04) qui a notre préférence, Google Chrome (v.32 sous Ubuntu 12.04, et v.33 sous Win 7 et Ubuntu 12.04) qui offre la meilleure fluidité des vidéos, Safari 7.0.2 (sous Mac OS 10.9.2). Les

résultats sont moins bons sous Internet Explorer (v.10 sous Win 7 et v.11 sous Win 8.1) au niveau des vidéos : on observe un décalage de 2 images, ce que nous pallions par un décalage inverse en javascript, de plus les dernières images de la vidéo ne sont pas accessibles et dans certains cas (v.10), tenter d'y accéder fige le navigateur.

7. En projet

Nous n'avons pas encore eu le temps jusqu'à présent d'étudier une mise en page spécifique pour smartphones, nous avons préféré accorder la priorité à la publication de pages principales en relation directe avec les cours.

Le site contient un ensemble de pages pouvant être consultées dans un ordre quelconque. Il serait intéressant de proposer des parcours pédagogique de découverte des circuits ainsi qu'une vérification de la progression de l'étudiant. Mais plutôt que de développer les outils nécessaires sur le site, il paraît préférable de l'interfacer à la plateforme Claroline utilisée par l'ECAM et déjà dotée de ces outils. Le site serait alors appelé en tant que serveur par la plateforme à qui il rendrait les résultats de l'étudiant afin qu'elle puisse les gérer. L'étudiant accéderait alors au site via Claroline et l'enseignant pourrait examiner sur celle-ci également le travail réalisé par l'étudiant. Néanmoins, si l'idée est là, elle doit encore être concrétisée.

8. Conclusion

L'utilisation de la technologie HTML 5 a permis de développer, pour la visualisation du comportement des circuits électriques et électroniques, une sorte d'encyclopédie interactive trilingue indépendante d'un éditeur de logiciels particulier et capable de fonctionner sur de nombreux systèmes d'exploitation, qu'ils soient récents, plus anciens ou futurs. Grâce à la structure modulaire facilitée par PHP, HTML 5 et XML, il est aisé d'améliorer le site.

La mise au point de vidéomodèles de qualité n'est pas triviale car ils contiennent un grand nombre d'informations et de détails. Il est donc judicieux actuellement d'utiliser une interface de visualisation indépendante de la réalisation des vidéomodèles.

Comme il s'agit d'aider les étudiants à comprendre le fonctionnement des circuits puis de les inciter à quantifier, le site dispose d'une calculatrice en

nombre complexes capable de traiter des nombres avec préfixes (m, k, M, etc), elle peut également afficher les résultats avec des unités physiques.

Le site s'adapte au niveau de l'étudiant, est en bonne partie accessible à tous et dispose d'une aide par phylactères. Il est prévu d'y ajouter régulièrement de nouvelles pages.

Dans l'avenir, on songe à l'interfacier à la plateforme Claroline pour faciliter le suivi des étudiants.

9. Remerciements

Nous remercions le Fonds Prince Philippe d'avoir soutenu le développement de ce site trilingue ainsi que les étudiants qui ont participé à sa réalisation : Lucas Sterckx et Matthias Carlier d'Erasmushogeschool dans le cadre de leur travail de fin d'études et les étudiants ECAM de 3BE.

Sources

- [1] FALSTAD, P. (consulté le 30 mai 2013), *Electronic circuit simulator (java applet)*.
Adresse URL : <http://www.falstad.com/circuit/>.
- [2] GUEUNING, F., *Vidéomodèles - Le fonctionnement des circuits électriques ou électroniques enfin rendu visible*
Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels, 2004, p. 19–37, URL : <http://www.isilf.be/Articles/ISILF04p19ecam.pdf>.
- [3] QUARLES, T. (consulté le 8 octobre 2013), *The Spice Page*.
Adresse URL : <http://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/SPICE/>.
- [4] RIMELÉ, R., *HTML 5 - Une référence pour le développeur web*, Eyrolles, 2011, 604 p.
- [5] W3C, (consulté le 8 octobre 2013), *World Wide Web Consortium*.
Adresse URL : <http://www.w3.org/>.