

EN ÉLECTRONIQUE

Construire des images mentales

FRANCISCO CAMACHO ^[1]

Si les outils numériques permettent de s'affranchir de l'analyse mathématique ou de la maîtrise du code, leur intérêt principal est qu'ils aident les élèves à se forger des représentations logiques et structurées des interactions dans les systèmes.

L'enseignement de l'électronique est assisté depuis longtemps par différents outils numériques. Certains font entrer dans nos salles des systèmes techniques industriels complexes à l'aide de vidéos qui nous les montrent dans leur réalité physique et opérationnelle. Ils contribuent à construire, chez nos élèves, des repères visuels de la réalité du monde industriel auquel ils seront confrontés. D'autres permettent des simulations de fonctionnement qui en facilitent l'observation. Ils participent à l'appropriation par nos élèves des organisations fonctionnelles et de l'influence de certains paramètres sur le fonctionnement d'un objet technique ou d'une structure électronique. Enfin, il en est qui facilitent la réalisation des cartes à câblage imprimé par l'élaboration d'une représentation 3D réaliste du prototype qui sera fabriqué. L'usage de ces moyens qui concourent à l'acquisition de connaissances et de compétences orientées métier ne doit pas nous affranchir, en tant qu'enseignants, d'une réflexion sur la pédagogie à leur associer.

Le partage des images mentales

Enseigner, c'est partager des images avec l'autre afin d'augmenter le capital de ses représentations mentales ; encore faut-il que ces images aient du sens pour celui à qui elles sont destinées. L'enseignant, fort de ses connaissances, de son expérience et de sa culture, va toujours, par un exposé oral, faire référence à un grand nombre d'images qui lui sont familières. L'arrivée dans les classes de la vidéoprojection, des logiciels de schématisation et de simulation a permis de partager un grand nombre de ces images là où auparavant l'imagination devait combler l'insuffisance des illustrations statiques présentes dans les ouvrages ou dans les documents photocopiés.

mots-clés
électronique,
numérique, pédagogie

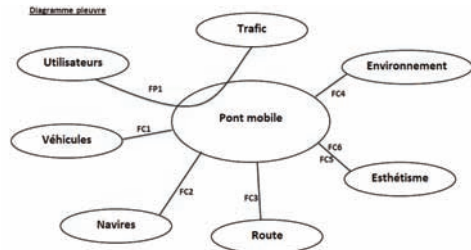
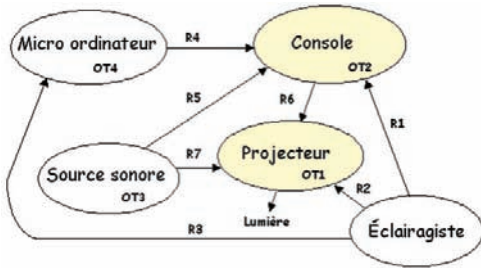
Dans notre enseignement en électronique, cela nous a permis en particulier des mises en situation de systèmes techniques complexes **1**. On peut, grâce à l'abondance des documents vidéo, insister sur la notion de complexité des systèmes industriels et donc sur la nécessité de la modéliser par des représentations appropriées, diagrammes sagittaux ou bêtes à cornes **2** et diagrammes SysML **3**. Elles vont permettre à nos élèves d'appréhender le concept fondamental d'interaction dans les systèmes, de décrire les liens entre les différents éléments d'un système. C'est donc grâce à ces représentations, associées aux analyses menées collectivement en classe, que l'on va construire progressivement des images mentales partagées. La représentation formalisée à l'aide des outils numériques élaborant les diagrammes va permettre l'appropriation du concept par les élèves. On va procéder de la même manière pour ce qui est de l'analyse du fonctionnement des objets techniques, des structures et des composants électroniques. Dans tous les cas, ce sont toujours les interactions qui seront recherchées, l'illustration facilitant cette recherche. Pour les supports d'étude, qui vont de l'objet technique au composant en passant par la structure, on va rechercher une fonction d'usage, une fonction principale ou une relation de causalité.

L'outil numérique va faciliter la visualisation de ces interactions, qui vont devenir de plus en plus explicites, car de plus en plus visuelles. Il nous aide à mettre en



1 Un système de transport filoguidé dans une entreprise

[1] Professeur d'électronique au lycée Jacquard de Paris (75019).



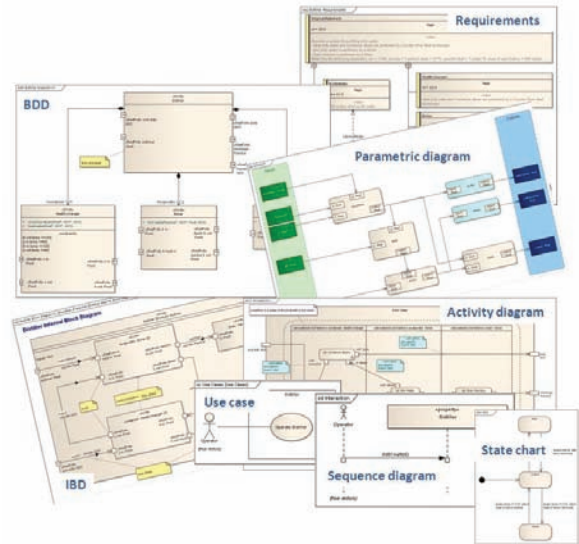
2 Diagramme sagittal et bête à cornes

œuvre une approche qualitative des fonctionnements et à nous affranchir du passage systématique par l'outil mathématique, qui pose souvent problème à nos élèves. Ces représentations premières partagées avec l'élève vont permettre tout au long des séquences d'enseignement une communication plus facile et une agrégation des images avec leur continuité de sens. Au-delà des représentations, on cherche à transmettre une méthode d'analyse à caractère systémique qui va d'une vision macroscopique (niveau système) à une vision microscopique (niveau composant).

La réalisation des schémas structurels et la simulation

Une des activités de l'électronicien est de tracer des schémas structurels qui réalisent des fonctions **4**. Il doit également savoir lire ces schémas, précieux en amont de la vie d'un objet technique pour sa conception et en aval pour sa maintenance. Les outils numériques que nous utilisons permettent dans un premier temps, au-delà de la phase d'appropriation de l'usage des logiciels, de formaliser la représentation normalisée des composants. L'élève va capitaliser une connaissance des symboles de l'électronique, acquise par une pratique de sélection et d'association de composants, qui lui sera très utile lors de futures lectures de schémas structurels nouveaux. Il est évident que les logiciels de réalisation de schémas ont permis de gagner du temps dans les activités de dessin et de s'affranchir de la difficulté de l'apprentissage de la réalisation de documents soignés. C'est donc un ensemble construit d'images qui prendra du sens pour l'élève au travers de ses propres activités individuelles.

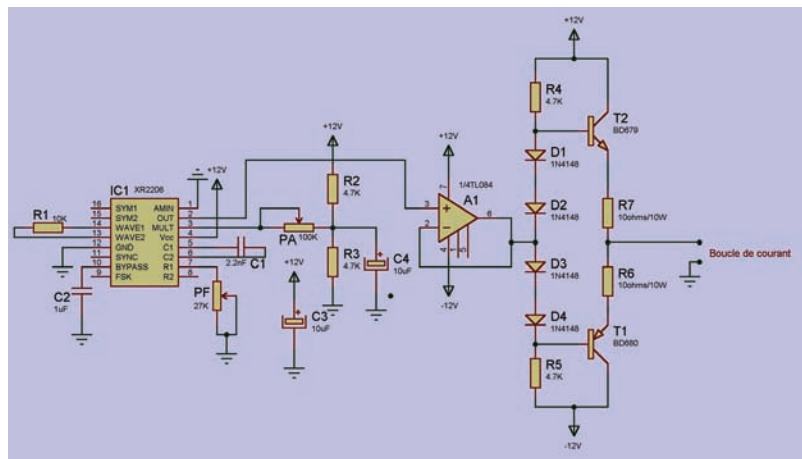
Dans un second temps, la simulation, disponible dans les outils modernes pour notre discipline, va avoir un rôle fondamental dans l'apprentissage de cette dernière. En s'affranchissant de l'analyse mathématique des structures, on va donner à l'élève la possibilité de faire « fonctionner » immédiatement sa structure et de déterminer l'influence du changement d'un ou de plusieurs paramètres. Il va donc accéder par une activité



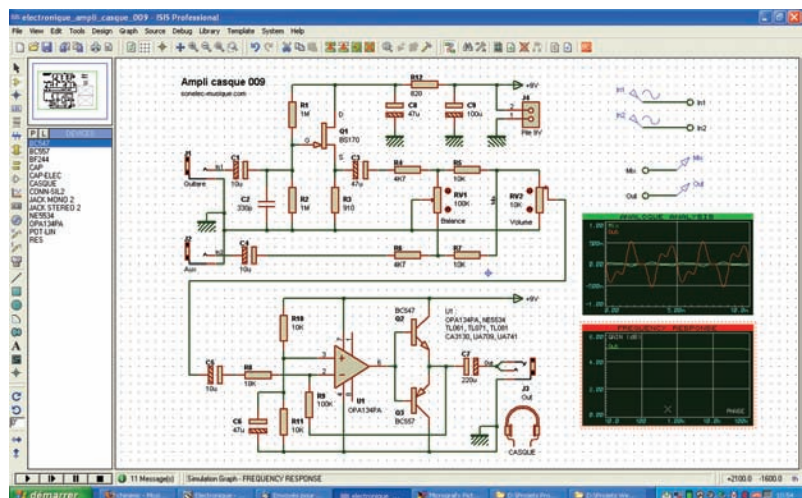
3 Diagrammes SysML

personnelle aux spécificités du fonctionnement de sa structure sans avoir élaboré une seule relation mathématique préalablement. Il pourra choisir les valeurs de ses composants, et tester les conséquences de ses choix au regard du cahier des charges.

En phase d'analyse de constatation, il s'approprie des solutions fournies par l'enseignant ou le concepteur de



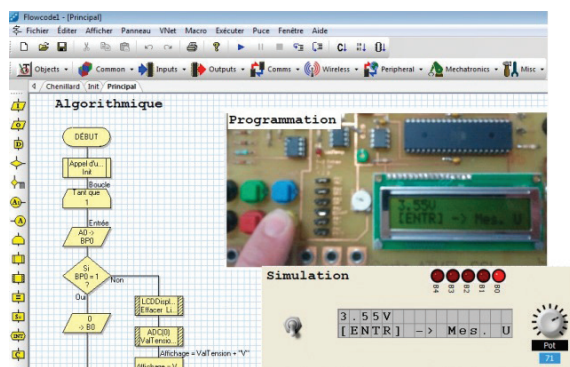
4 Exemple de tracé d'un schéma structurel



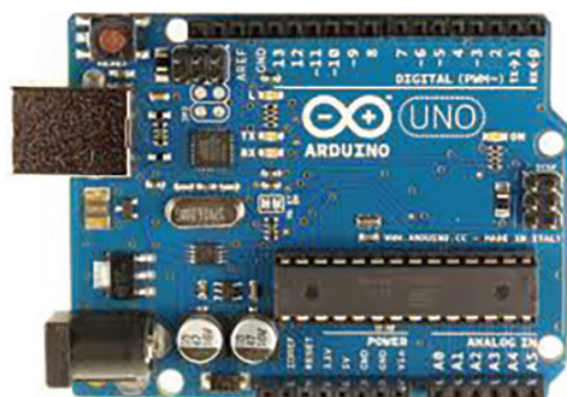
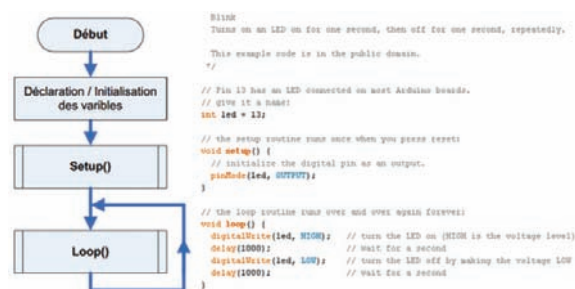
5 Exemple de simulation à l'aide de Proteus

l'objet technique. Il va les dessiner ou non, mais dans tous les cas il va valider les relations fonctionnelles et les liens de causalité. Il va en quelques clics disposer du comportement statique et dynamique de la structure ainsi que de son comportement temporel et fréquentiel sous la forme de diagrammes 5.

En phase de conception, l'élève devra rechercher, dans les images mentales disponibles car construites au fur et à mesure de son apprentissage et dans d'autres sources, les solutions nouvelles nécessaires pour mener à bien son projet. Ces différentes situations préparées en phase collective vont se poursuivre par des situations en autonomie devant l'ordinateur. C'est en construisant de nouvelles images mentales et en les mettant en interaction avec d'autres déjà construites que l'élève élabore sa compréhension et augmente sa capacité de communication dans le domaine professionnel.



6 FlowCode, de la programmation à la réalisation



7 La solution Arduino pour la programmation

La programmation des structures logicielles

Les solutions technologiques retenues pour réaliser les fonctions des objets techniques vont de plus en plus vers l'utilisation de composants programmables. Savoir les programmer devient donc une nécessité. De la même façon que la tendance pédagogique est à s'affranchir de l'utilisation de l'analyse mathématique dans le domaine des solutions analogiques, l'orientation de nos pratiques pédagogiques pour les solutions programmables va vers la limitation de l'apprentissage exhaustif des langages de programmation. Des outils numériques, tels que le logiciel FlowCode, nous permettent d'élaborer des programmes à l'aide d'interfaces visuelles picturales. Ces dernières mettent à disposition des symboles graphiques afin de constituer, par assemblage cohérent, des algorigrammes aussi proches que possible des algorithmes décrivant un programme. L'outil numérique permettra ensuite de télécharger le programme dans le processeur préalablement choisi. Il ne restera plus qu'à valider par l'expérimentation la structure matérielle 6.

Tout cela va faciliter l'entrée dans l'apprentissage de la programmation en concentrant l'attention sur l'enchaînement logique des opérations séquentielles, donc sur l'algorithmique. Les prérequis sont le langage usuel et la connaissance de quelques symboles normalisés. L'élève va une fois de plus élaborer seul une solution qu'il va pouvoir simuler et à laquelle il va pouvoir apporter des modifications jusqu'à obtenir le programme réalisant la fonction voulue. Le choix, de plus en plus marqué dans les établissements, des cartes de type Arduino pour développer des solutions programmées conduit à mettre en œuvre une approche plus orientée vers l'écriture de code 7. Dans ces applications, l'élève est mis en situation de modifier des solutions proches de celle recherchée : ici encore l'apprentissage passe obligatoirement par l'analyse de l'existant pour y apporter les modifications nécessaires à l'application spécifique.

Encore des images, certes en relation avec d'autres types de contenus, mais on retrouve toujours la même démarche pédagogique et la même situation d'autonomie de l'apprenant.

Les mesures virtuelles

Les outils numériques dont nous disposons nous apportent une aide considérable pour faire entrer nos élèves dans l'activité expérimentale. Permettant de connecter graphiquement des appareils de mesure tels que voltmètre, ampèremètre ou oscilloscope aux structures dont on veut connaître les paramètres électriques 8, il font gagner beaucoup de temps, notamment lors de l'introduction à l'utilisation de ces appareils. Dans cette situation, les élèves se préparent à la confrontation avec les appareils réels par des représentations très réalistes de ces derniers dans les logiciels qu'ils utilisent. Ils doivent effectuer les réglages comme dans la réalité. On s'affranchit

du matériel et de ses inconvénients (disponibilité, encombrement, opérationnalité) pour se concentrer sur l'essentiel de cette phase d'apprentissage, à savoir le choix des appareils et des calibres en fonction des grandeurs à mesurer et la réalisation des connexions. Là encore la simulation va permettre le fonctionnement statique ou dynamique des structures étudiées et l'observation sur les appareils virtuels des différentes valeurs des grandeurs électriques qui régissent leur fonctionnement.

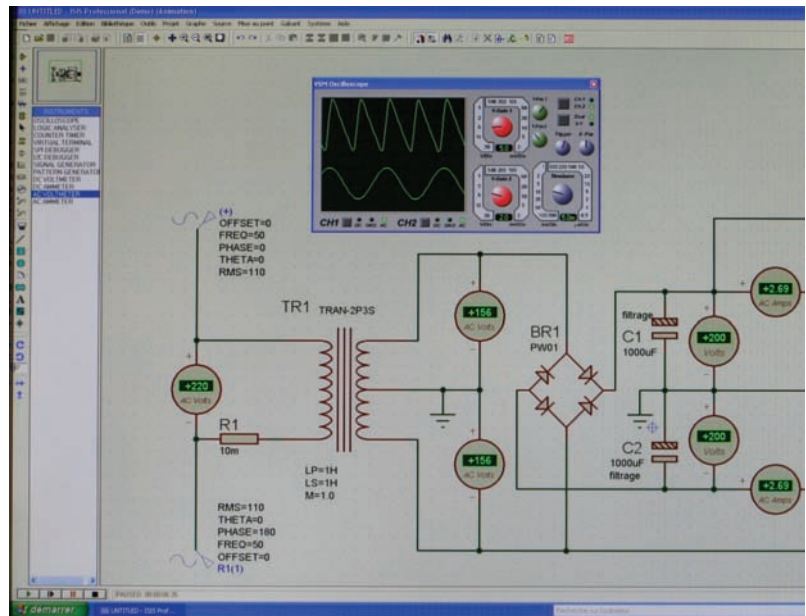
Les cartes à câblage imprimé

Les composants électroniques ont vocation à être implantés sur une carte où le circuit électrique est imprimé à l'aide de pistes en métal conducteur, généralement du cuivre. Les liaisons électriques vont donner au circuit réalisé sa réalité fonctionnelle. Les élèves et étudiants en électronique vont devoir concevoir et réaliser ces circuits avant de passer à la phase de câblage. Ils vont utiliser des logiciels dédiés à cette tâche, par exemple Ares de la suite logicielle Proteus. L'outil numérique procure ici aussi un gain de temps important, et fournit des fichiers Gerber directement exploitables industriellement pour la fabrication des cartes. Cependant, dans la majorité des cas, il sera nécessaire de terminer le routage (le tracé des pistes de liaison) à la main. Pour élaborer les dernières liaisons, il faut, après avoir détricoté le « chevelu » restant (liaisons en jaune sur le schéma 9), les router en ayant une vision simultanée des différentes faces (l'une en bleu, l'autre en rouge). On est alors confronté à une difficulté d'apprentissage importante, qui met en jeu la vision dans l'espace d'un objet qui n'est que virtuel initialement. C'est là où l'outil numérique, par la diversité des images proposées – repérage des différentes couches de liaisons électriques par différentes couleurs, représentation des composants implantés et des différentes couches, image 3D de la carte complète 10 –, va apporter une aide précieuse.

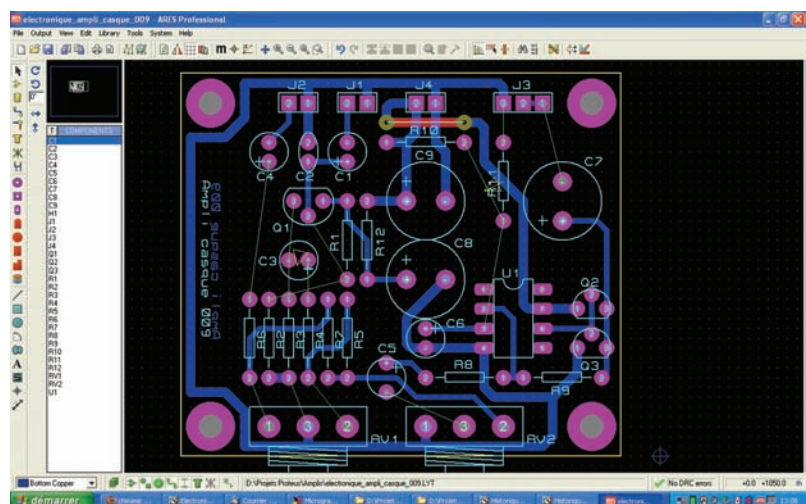
Aller à l'essentiel

Les outils numériques dédiés spécifiquement à notre enseignement nous font gagner un temps considérable en nous débarrassant des tâches fastidieuses à faible apport cognitif. Ils nous permettent de concentrer l'attention de nos élèves sur les résultats obtenus quasi immédiatement par l'expérimentation virtuelle ou par la simulation. Ils donnent accès aux analyses des structures matérielles ou logicielles sans calculs préalables, sans connaissance de langage. Ils réalisent les recherches d'implantation sur circuit imprimé en ne laissant à l'élève que la finalisation des liaisons délicates. Ils facilitent l'élaboration d'images mentales relevant d'une expérience augmentée par l'usage de l'outil. L'interaction du savoir et de sa représentation visuelle, dans un environnement virtuel familier à nos élèves, doit être l'objet de toute notre attention. Si nous arrivons à bien la comprendre et à la canaliser, nous saurons les intéresser et les accompagner dans cette

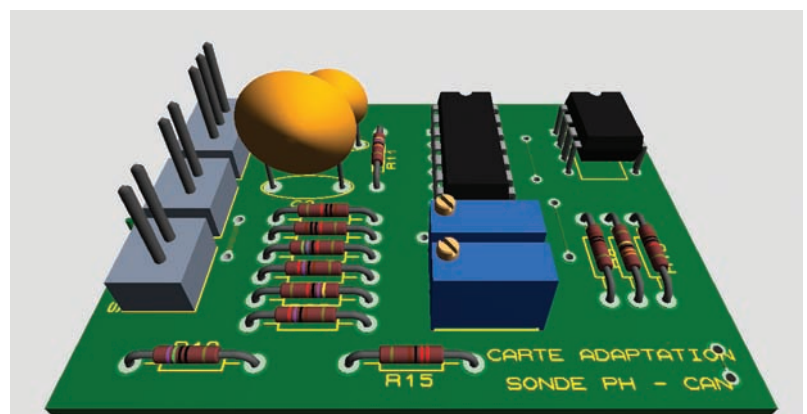
construction individuelle de leur bibliothèque mentale. Nous les aiderons véritablement à communiquer et agir dans leur futur industriel. ■



8 La mesure virtuelle des grandeurs



9 Une carte à câblage imprimé conçue avec Ares



10 Un modèle 3D de carte obtenu avec Ares