

LES OUTILS MULTIMEDIAS AU SERVICE DE LA FORMATION EN ELECTROTECHNIQUE

par Bertrand CHARIER

Depuis maintenant deux années une équipe de professeurs d'électrotechnique mène une action de réflexion et de réalisation d'outils multimédias afin de répondre aux problèmes que peuvent rencontrer les élèves des sections Génie Electrotechnique de l'académie de Poitiers.

Les outils réalisés sont essentiellement des simulateurs et se situent en complément des enseignements « traditionnels » dispensés lors des séances de travaux pratiques.

Chaque simulateur est développé avec l'objectif de s'affranchir de contraintes techniques liées au phénomène observé et ne remplace jamais l'expérimentation pratique. L'outil logiciel intervient dans le seul but d'appréhender un phénomène physique, d'offrir une large possibilité de paramétrage et de présenter certaines caractéristiques des systèmes techniques du laboratoire d'électrotechnique.

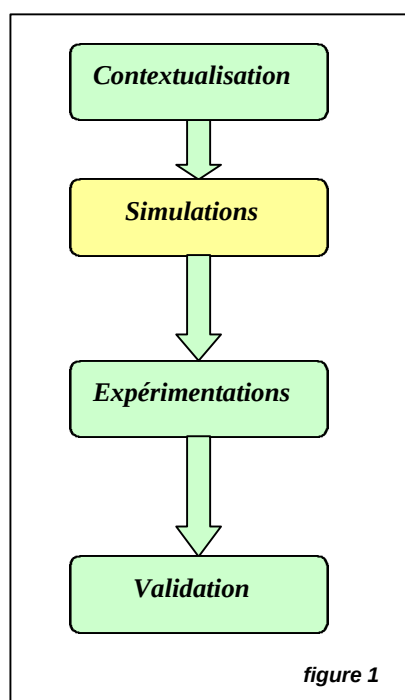
Nous présentons dans cet article l'aboutissement de notre réflexion et la description de certains des simulateurs utilisés par nos élèves.

Intérêts pédagogiques

Lors d'une séance de travaux pratiques

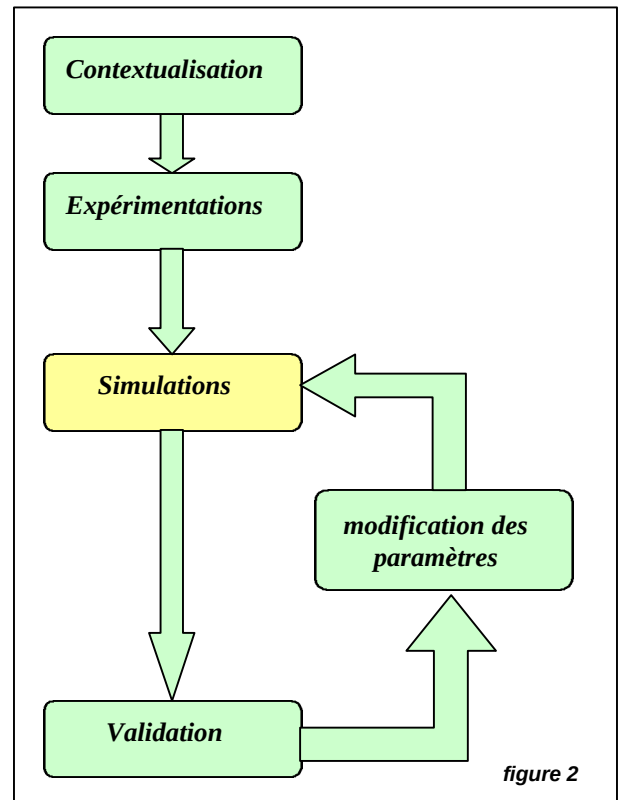
L'utilisation des outils multimédias apporte un vecteur de communication supplémentaire dans une phase d'apprentissage et s'intègre parfaitement aux activités proposées dans les différentes zones de travail du laboratoire d'électrotechnique.

Le simulateur intervient aussi bien dans la phase de découverte d'un problème technique avant les expérimentations (figure 1) que dans la phase de synthèse, après expérimentations, où l'élève est invité à simuler son expérimentation et de valider ses résultats, d'en modifier les paramètres et de commenter leur influence en fonction des résultats de la simulation obtenus très rapidement (figure 2).



La figure 1 montre une situation d'enseignement où l'élève est amené à utiliser le simulateur avant les expérimentations. Cette organisation permet de d'affirmer le contexte de l'activité proposée et de présenter de manière attractive le thème abordé dans les expérimentations.

La figure 2 illustre une situation d'enseignement où les activités pratiques précèdent l'utilisation du simulateur qui apporte la possibilité de vérification des résultats de l'expérimentation et la souplesse de modification de paramètres afin d'en observer les influences sur le dispositif étudié. Cette possibilité n'est pas souvent envisageable sur le dispositif physique par manque de temps (dispositif à grande inertie) ou bien par difficultés de mise en œuvre (variation de la masse d'un dispositif de levage par exemple).



Une combinaison des deux situations d'enseignement peut également être envisagée.

En dehors du laboratoire d'électrotechnique

Les outils multimédias associés à des consignes précises de la part du professeur, fournissent un accès aux informations techniques, à des relevés de mesures en dehors du laboratoire d'électrotechnique. Ils permettent des activités de soutien et d'approfondissement. De manière pratique, les simulateurs contiennent des textes de travaux dirigés et sont disponibles en accès libre au Centre de Documentation et d'Information du lycée.

Présentations de quelques simulateurs

Simulateur « Mesure »

L'élève est souvent confronté au choix d'un appareil de mesure, ou au réglage d'un appareil en fonction du signal à mesurer.

Ce simulateur apporte une aide au problème de la mesure d'une tension et fait le point sur la mesure d'une valeur efficace en fonction des indications portées sur l'appareil par le fabricant.

Les différentes caractéristiques DC, AC, RMS et TRMS sont indiquées simultanément pour plusieurs allures de signaux :

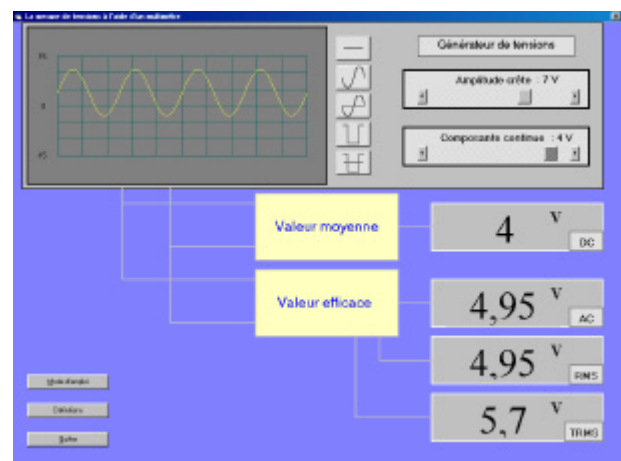
- signal continu ;
- signal sinusoïdal ;
- signal sinusoïdal avec composante continue ;
- signal carré ;
- signal carré avec composante continue.

Le simulateur dispose d'un mode d'emploi et d'une fenêtre de définitions où sont rappelées les méthodes de mesures pour chaque appareil ou positions du commutateur.

La partie supérieure de l'écran du simulateur offre le choix du signal à visualiser. L'utilisateur paramètre l'amplitude du signal et, le cas échéant, l'amplitude de la composante continue.

Une représentation temporelle du signal ainsi paramétré est affichée. Toutes les informations données dans la partie inférieure de l'écran sont contenues dans cette représentation temporelle.

La partie inférieure de l'écran nous indique le résultat de la mesure selon l'appareil



utilisé ou bien selon la position du commutateur de l'appareil.

Lorsque la mesure est erronée, valeur AC d'un signal carré par exemple, l'afficheur « AC » indiquera une suite d'étoiles : *****.

Par contre, pour la mesure d'un signal sinusoïdal avec composante continue, les afficheurs indiqueront les valeurs issues de la méthode de mesure employée. On observera alors une différence entre l'afficheur RMS et l'afficheur TRMS. Ce dernier indiquant la vraie valeur efficace.

L'utilisation du simulateur apporte à l'élève une compétence de technicien face à un problème de mesure.

Simulateur « Harmoniques »

Cet outil multimédia permet d'appréhender les différentes représentations d'un même signal et les perturbations harmoniques des réseaux électriques par une approche progressive où l'aspect temporel des signaux est mis en avant.

Premier simulateur

La relation entre un signal non-sinusoïdal et ses composantes sinusoïdales est abordée sans utilisation de concept mathématique comme la décomposition en série de Fourier.

La représentation spectrale d'un signal défini de manière temporelle est proposée.

La quantification de la perturbation harmonique est déterminée par le taux de distorsion harmonique global.

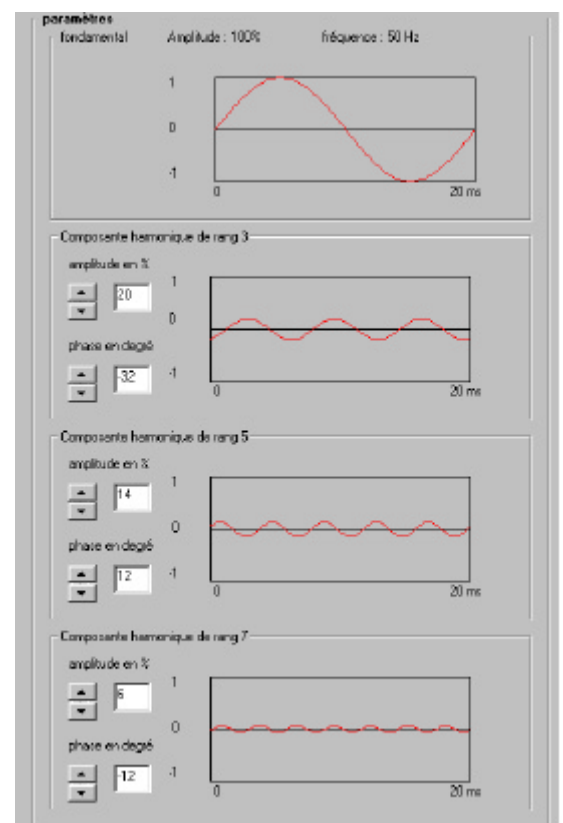
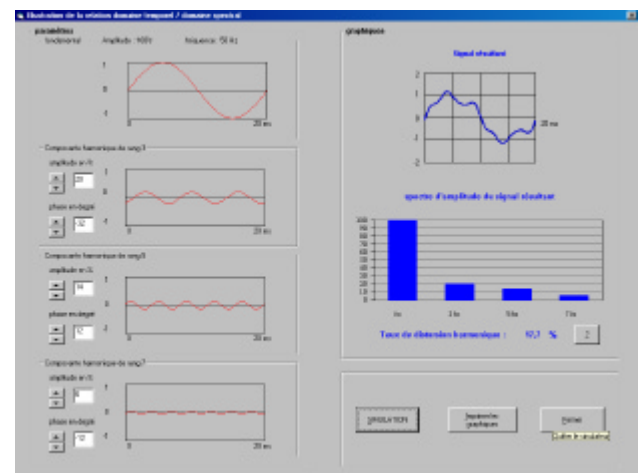
La partie gauche de l'écran propose le paramétrage des composantes du signal à reconstitué. Seul trois harmoniques, le rang 3, le rang 5 et le rang 7 sont disponibles.

Chaque composante est paramétrée en amplitude et en phase par rapport au fondamental du signal (amplitude 100% et origine des phases).

L'action sur le bouton de commande « Simulation » affiche les sinusoïdes définies par l'utilisateur.

La partie droite de l'écran propose l'allure temporelle du signal reconstitué, son spectre d'amplitude et le taux de distorsion harmonique.

Il se compose de 2 simulateurs : le premier indique en détail la reconstruction d'un signal déformé par rapport à une sinusoïde, le second propose un grand nombre de composantes harmoniques et affiche uniquement le signal reconstitué et son spectre d'amplitude.



Second simulateur

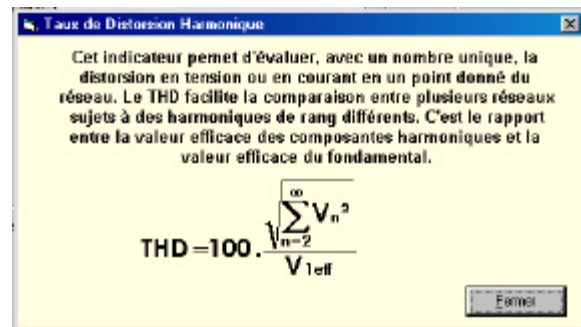
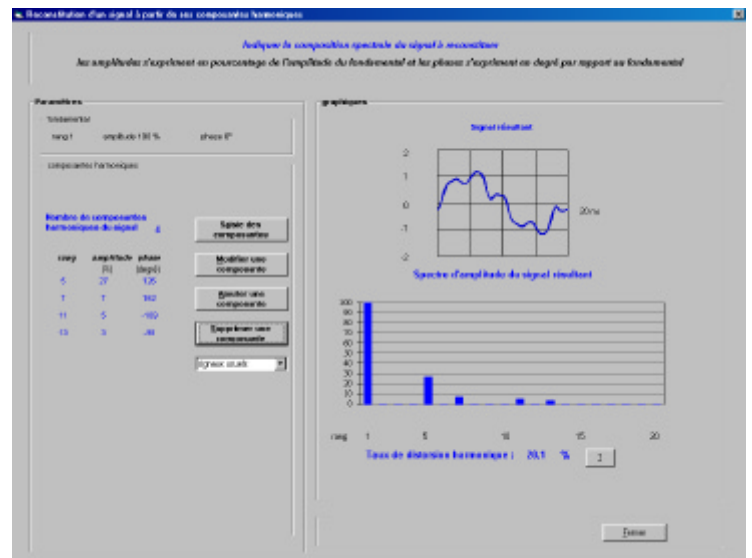
L'objectif de ce simulateur est de proposer la reconstruction d'un signal quelconque.

La partie gauche de l'écran est dédiée aux caractéristiques du signal. Dix composantes harmoniques sont possibles jusqu'au rang 20 soit 1 kHz.

Des boutons de commandes permettent de modifier, de supprimer ou d'ajouter des composantes sans avoir à saisir toutes les composantes à chaque simulation.

Une partie est pré-programmée avec des signaux usuels : signal redressé mono et double alternance, signal carré, signal de courant en amont d'un redresseur à capacité en tête,...

La partie droite de l'écran affiche l'aspect temporel du signal reconstitué, son spectre d'amplitude ainsi que le taux de distorsion harmonique.



Simulateur « Electrothermie résistive »

Ce simulateur s'intéresse à un dispositif d'électrothermie résistive présent dans le laboratoire d'électrotechnique : le bain régulé.

Il met en évidence les problèmes liés au fonctionnement en boucle ouverte du bain régulé (impossibilité de maintenir constante la température du bain quelles que soient les perturbations extérieures, ...) et permet d'introduire la notion de système bouclé.

D'autre part, le simulateur apporte une souplesse d'utilisation qui permet de s'affranchir de la grande inertie du dispositif réel. Il complète ainsi le dispositif réel.

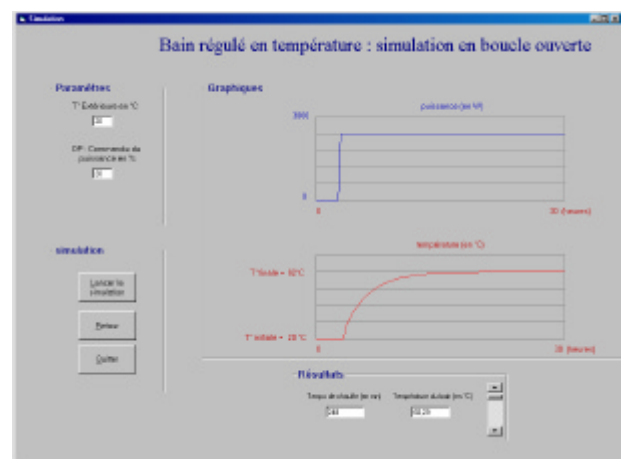
L'outil multimédia est composé :

- d'un simulateur paramétrable par l'utilisateur ;
- d'une séquence pédagogique (format PDF) ;
- des éléments de modélisation (format PDF) ;
- du dossier technique du dispositif réel (format PDF).

La partie gauche de l'écran est dédiée au paramétrage (température ambiante, puissance de chauffe) et aux commandes du simulateur.

La partie droite de l'écran est composée de deux graphiques : l'un représentatif de la puissance de chauffe et l'autre de l'évolution de la température du bain en fonction du temps.

Enfin, sous les graphiques, on trouve un curseur et deux fenêtres de données qui indiquent précisément la température du



bain (en degrés Celsius) en fonction du temps de chauffe (en minutes).

La séquence pédagogique a pour objectif de montrer, pour un fonctionnement en boucle ouverte, qu'il n'est pas possible de régler à la fois le temps de chauffe et la température finale du bain par la grandeur d'entrée P (puissance de chauffe).

Pour cela, l'élève est invité, dans un premier temps, à déterminer la puissance de chauffe nécessaire à une élévation de température de 20°C en un temps de 30 minutes puis à vérifier ses prédétermination à l'aide du simulateur.

On observe alors la température finale du bain et on remarque que la puissance de chauffe ne permet pas de fixer à la fois un temps de chauffe et la température finale. Dans un second temps, on s'intéresse au réglage de la température finale. La puissance de chauffe est prédéterminée en fonction des pertes calorifiques du bain puis l'ensemble est vérifié à l'aide du

simulateur. On remarque alors que si la température finale du bain est maîtrisée, le temps de chauffe ne l'est plus.

Ces essais simulés de montée en température en boucle ouverte conduisent vers une solution de contrôle en boucle fermée.

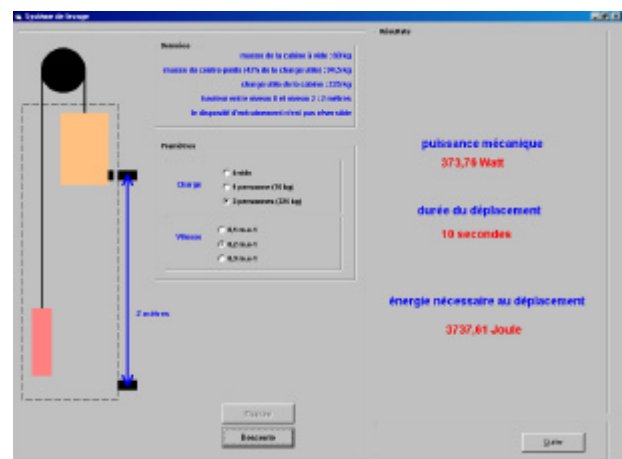
Simulateur « système de levage »

Cet outil présente deux volets : le premier aborde le problème énergétique d'un dispositif de levage, le second met en évidence le traitement de l'information pour deux méthodes de positionnement : le positionnement incrémental et le positionnement absolu.

Volet énergétique

L'outil multimédia présenté ici met en évidence la relation énergie – puissance liée au problème des applications de levage.

On cherche à montrer que le déplacement d'une charge partant d'un niveau 1 (hauteur H_1) vers un niveau 2 (hauteur H_2) demande une énergie mécanique indépendante de la vitesse d'exécution du mouvement (pour les applications retenues, la vitesse de déplacement des charges permet de négliger la part de l'énergie cinétique dans l'énergie mécanique). La puissance de l'actionneur sera alors déterminée pour répondre aux performances dynamiques de l'ensemble.



Un réglage de la vitesse de montée et de descente puis un réglage de la charge transportée permettent de configurer le dispositif pour faire plusieurs essais et conduire vers l'objectif décrit plus haut.

Par ailleurs, on cherche à justifier la présence du contrepoids par l'aspect déterministe de la charge. en effet, la connaissance de la charge (limitée par le nombre maximum de personnes à transporter) permet d'optimiser la consommation d'énergie de cette application particulière.

Volet information position

Ce simulateur illustre deux méthodes de traitement de l'information à partir d'un ascenseur à 7 niveaux.

L'information du niveau auquel se situe la cabine doit être supportée par trois variables afin de pouvoir différencier les 7 niveaux.

Dans le cas du positionnement absolu, trois détecteurs, installés sur la cabine, fournissent l'information « niveau » en fonction de marques disposées à chaque niveau.

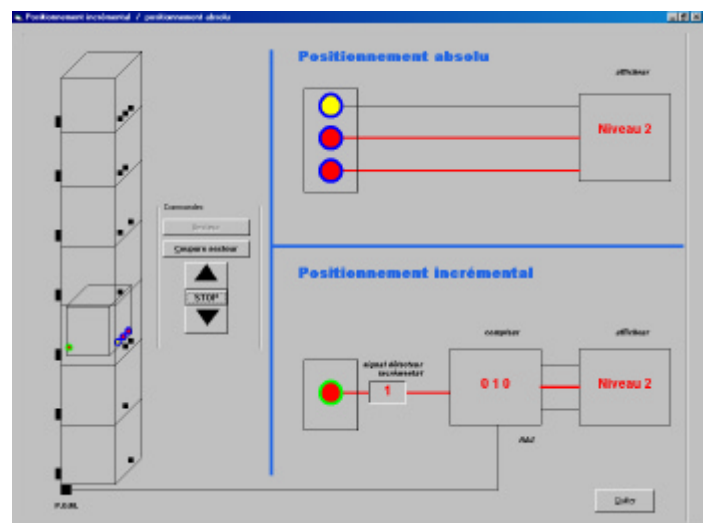
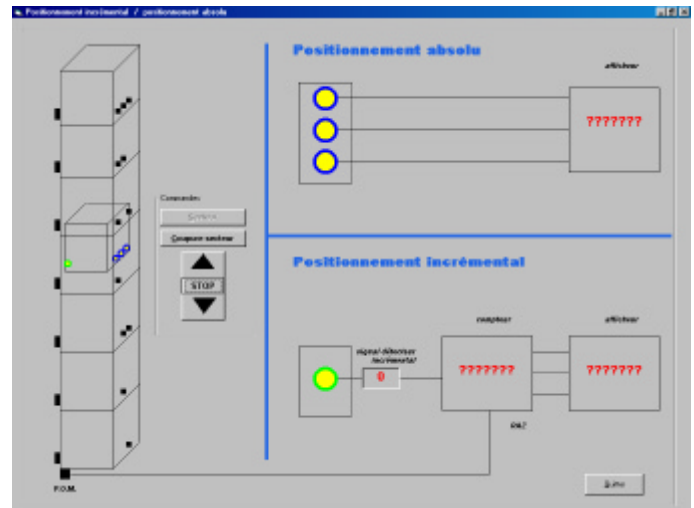
L'information « niveau » est effective dès que la cabine passe devant n'importe quel niveau.

Dans le cas du positionnement incrémental, un seul détecteur est installé sur la cabine. Il fournit une information binaire : 1 si le détecteur se situe en face d'une marque disposée à chacun des 7 niveaux, 0 sinon.

La différenciation entre les différents niveaux nécessite une information supplémentaire et un traitement par comptage. C'est le rôle du détecteur « Prise Origine Machine » : il permet de référencer le dispositif. L'information « niveau » ne sera effective qu'après initialisation par le détecteur P.O.M. du compteur.

Le simulateur présente trois parties :

- la partie gauche de l'écran illustre le déplacement et propose les commandes de déplacement de la cabine (montée, stop, descente), les commandes « secteur » et « coupure secteur ». La cabine comporte les détecteurs (incrémental à gauche, absolu à droite). Le détecteur P.O.M. se situe au pied de la structure.
- la partie positionnement absolu reprend les détecteurs de la cabine et affiche le niveau.



- le positionnement incrémental est composé d'un rappel du détecteur cabine d'un compteur et de l'afficheur du niveau. L'information du détecteur P.O.M. initialise le compteur.

Conclusion

L'utilisation de ces simulateurs apporte un complément aux enseignements dispensés lors des séances de travaux pratiques, ils s'inscrivent naturellement dans une progression pédagogique. La présentation multimédia de phénomènes physiques propose un nouveau vecteur de communication dans les phases d'apprentissage et facilite la modification de certains paramètres difficilement accessibles dans la pratique. Leur inter-activité favorise des utilisations à différents niveaux d'exigence : observation, analyse des résultats de simulation, prédétermination de paramètres, ...

Ces simulateurs ont été réalisés dans le souci permanent d'apporter à l'élève un complément aux manipulations proposées en travaux pratiques et leur utilisation ne se substitue jamais à l'expérimentation. Lors d'une activité proposée en dehors du laboratoire d'électrotechnique, ils sont toujours accompagnés de consignes précises de la part du professeur.

La conception de ces outils est le fruit d'un travail d'équipe.