

Enseignement et évaluation de l'électronique analogique à distance en IUT première année

W. Uhring^a, J-P. Le Normand^a, J. Sittler^a, J. Martz^a

^a IUT de Haguenau, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

Contact email : wilfried.uhring@unistra.fr, jp.le.normand@unistra.fr

La crise sanitaire causée par la pandémie mondiale de la Covid 19 a profondément modifié notre société. L'enseignement à distance s'est imposé comme une alternative à l'enseignement en présentiel. L'électronique analogique est une matière très appliquée et il est indispensable de manipuler et de pratiquer. Cet article décrit la solution qui a été mise en place pour l'enseignement de l'électronique analogique à l'IUT de Haguenau et notamment les travaux pratiques et l'évaluation du module d'enseignement à distance.

I. Introduction, enseignement et évaluation de l'électronique analogique à distance

La crise sanitaire de début 2020 a non seulement contraint les étudiants du 1^{er} cycle universitaire à suivre les cours, travaux dirigés, travaux pratiques depuis leur domicile, mais il a également fallu évaluer leur niveau à distance. Dans le domaine du génie électrique et l'informatique industrielle (GEII), on trouve de nombreux cours d'électronique analogique mise en ligne par des écoles (1), des enseignants (2)(3), des professionnels (4)(5)(6) ou bien encore des organismes de formation privés (7). La tendance étant bien entendu au cours sous forme de vidéo sur les plateformes de streaming (8) parfois même créées par les étudiants eux-mêmes (9). Cependant, il existe très peu de ressources permettant de faire des travaux pratiques ainsi que des évaluations en lignes or on sait que la pratique est bénéfique, si ce n'est pas indispensable à l'apprentissage de l'électronique. Ce papier décrit la solution qui a été mise en œuvre à l'Université de Strasbourg et plus particulièrement à l'IUT de Haguenau pour assurer les travaux pratiques d'électronique analogique et l'évaluation des étudiants à distance durant la crise sanitaire.

Dans un premier temps, les outils logiciels utilisés dans ce cadre sont détaillés et leur choix est justifié. L'aspect organisationnel ainsi que le déroulement d'une séance sont ensuite décrits et enfin, la solution mise en place pour l'évaluation en ligne est présentée.

II. Les outils logiciels

Les outils logiciels utilisés dans le cadre de ces TP à distance doivent respecter certains critères : ils doivent évidemment être accessibles gratuitement pour les étudiants, téléchargeables facilement, pas trop lourds tant en termes de consommation d'espace disque et de ressource processeur et faciles à installer. La barre qui semble à l'heure actuelle acceptable pour l'ensemble des étudiants est de 1 Go. Il est bien préférable de stocker les fichiers à télécharger sur un serveur cloud pour être certain que tous les étudiants aient la même version et accompagner ces fichiers d'un petit tutoriel pour l'installation. On peut à

cette occasion également transmettre les sujets de TP ainsi que les documentations qui vont avec.

Outil organisationnel

Il est important de spécifier que l'on parle ici de séances de TP à distance, mais encadrées. Il est en effet important que l'enseignement à distance soit rythmé pour alimenter la motivation des étudiants.

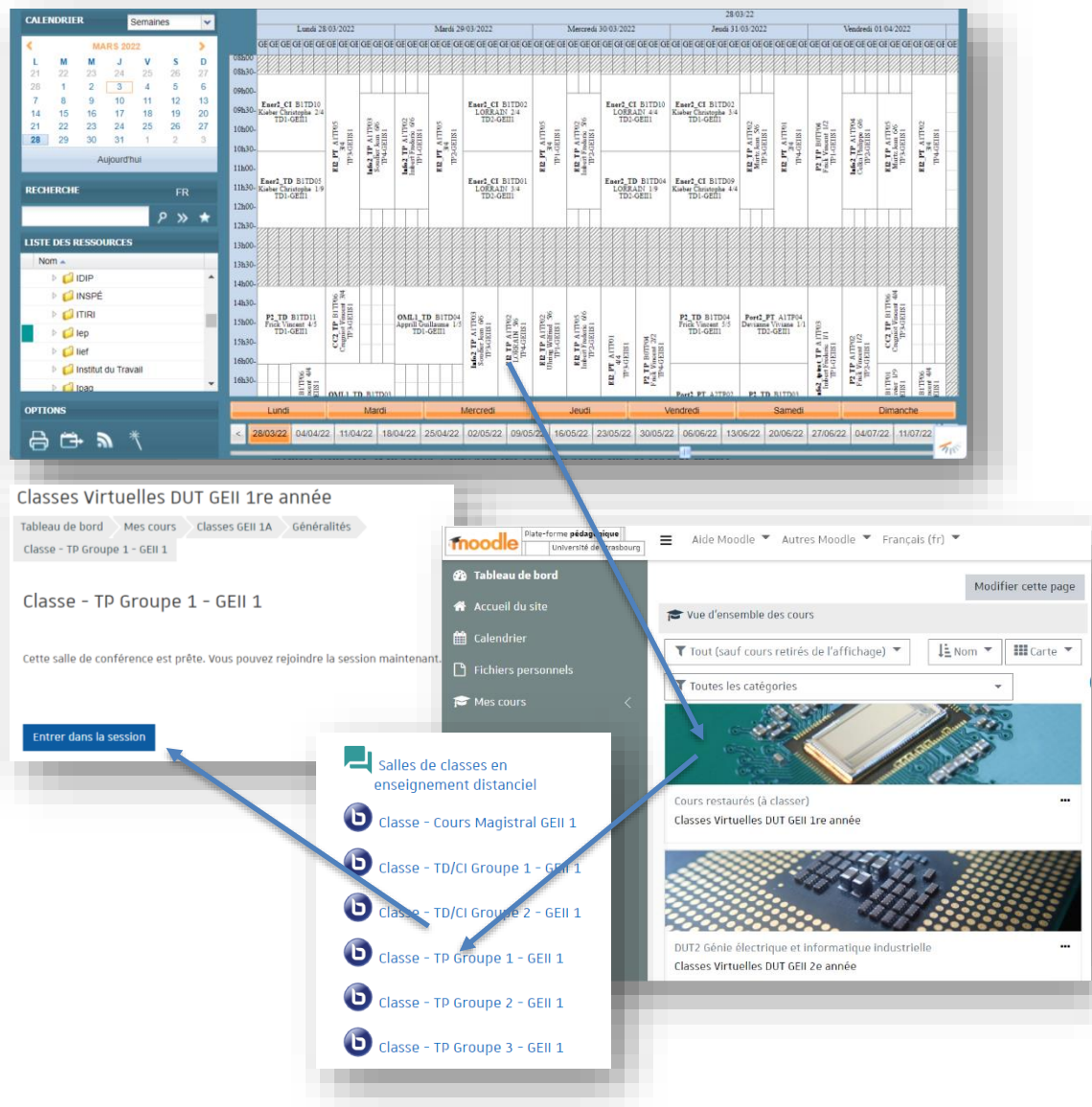


Fig.1. Outils organisationnels, les étudiants consultent leur emploi du temps et se rendent dans la salle de classe virtuelle qui leur est attribuée comme lors des séances en présence.

Les étudiants suivent donc l'emploi du temps tel qu'il était prévu en présence. Nous avons choisi de donner rendez-vous aux étudiants en ligne dans des salles virtuelles génériques selon le découpage de la promotion. Nous avons donc créé une salle de cours magistral, deux salles de travaux dirigés et 3 salles de travaux pratiques. Les étudiants et les enseignants se rendent donc dans la salle affectée à leur groupe selon qu'ils sont en CM, TD ou TP dans leur emploi du temps. Cette organisation est préférable à la création d'une

salle virtuelle pour chaque enseignant ou par matière qui génère souvent des quiproquos. Les salles sont créées avec l’outil BigBlueButton sur la plateforme moodle dans laquelle figure un cours intitulé “1^{ère} année GEII”. L’avantage de passer par moodle est que les étudiants sont identifiés par leur login officiel facilitant la vérification des présences et évitant les logins farfelus du type “Tarzan67”.

Outil de visioconférence

L’outil de visioconférence peut évidemment être choisi selon les préférences de l’équipe enseignante ou de l’outil mis à disposition par l’université. La majorité des outils permet désormais de lancer des sondages à l’ensemble du groupe. Il est en effet très important de solliciter l’ensemble des étudiants régulièrement pour leur demander leurs résultats de mesures. Pour cela, et au besoin, l’outil peut être complété par un outil de sondage du type Wooclap pour lancer des sondages et afficher les résultats sur une page Web dédiée.

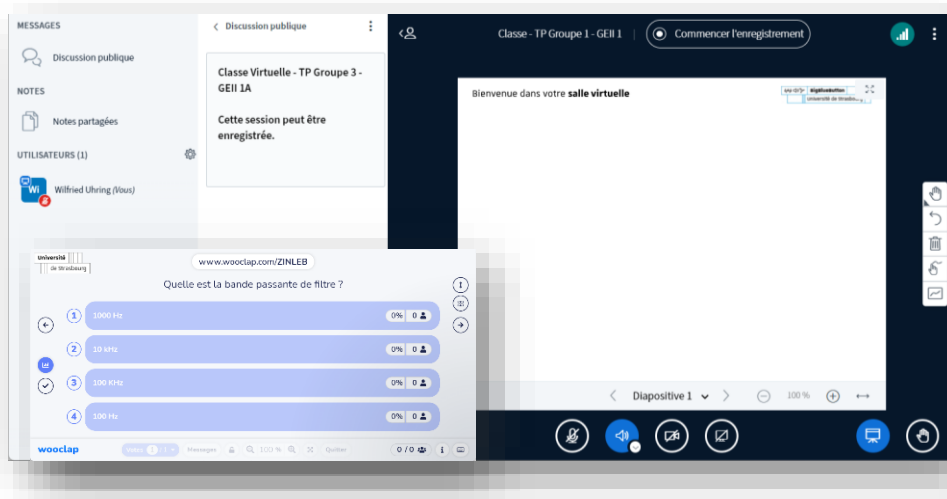


Fig.2. L’outil de visioconférence utilisé n’est pas critique, l’interaction avec les étudiants peut toutefois être complétée avec les outils de questions/réponses du type Wooclap.

Outil électronique

L’outil de simulation électronique que nous avons choisi est la suite logicielle Proteus démo (10). Cette suite inclut un éditeur de schéma, un outil de placement-routage, un simulateur analogique-numérique et même un environnement de développement intégré pour microcontrôleurs. Cet outil est également couplé avec le module de formation au microcontrôleur en informatique industrielle. Le simulateur permet de simuler le fonctionnement des appareils de mesures type oscilloscope, multimètre et générateur basse fréquence (GBF) ce qui permet d’émuler un TP très proche d’une séance de TP réalisée dans une salle de TP électronique équipée.

La version de démonstration gratuite mise à disposition aux étudiants ne permet pas d’enregistrer les fichiers. Cette limitation est en fait un avantage dans le cadre de TP, car cela oblige les étudiants à saisir le schéma et faire toute la démarche, comme dans un TP réel où ils sont obligés de câbler leur circuit avant de faire la mesure.

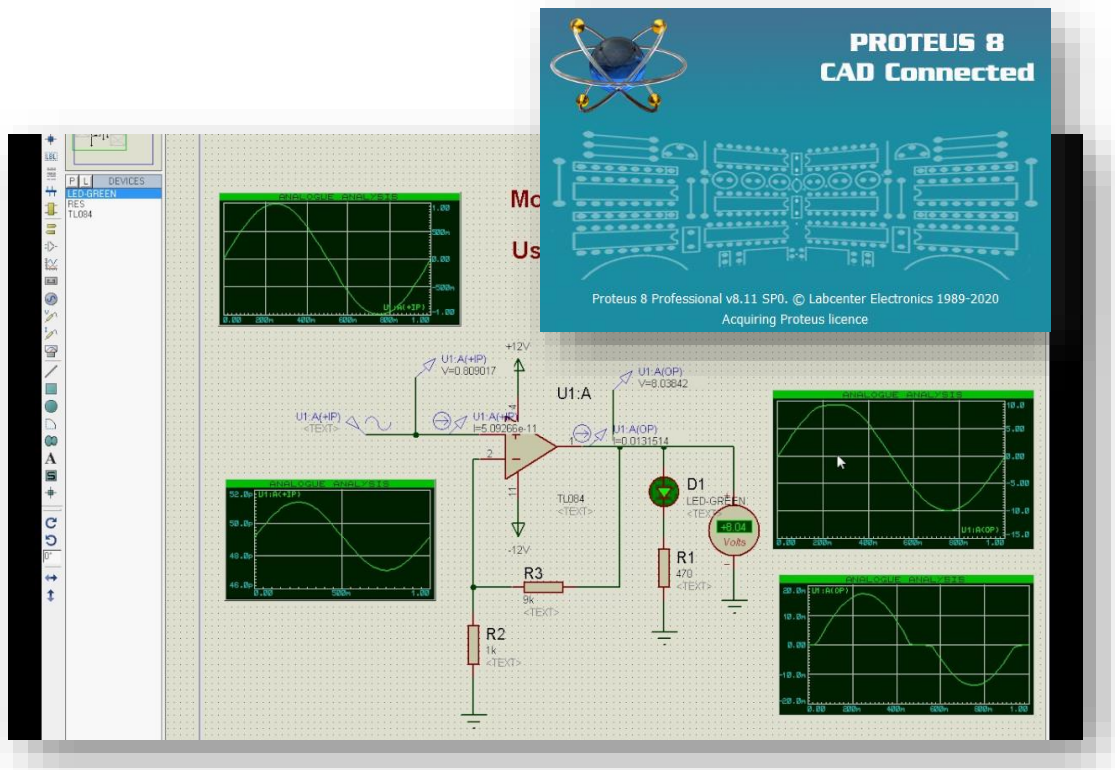


Fig.3. L'outil d'édition de schéma, de placement-routage et de simulation analogique-numérique Proteus en version démonstration gratuite. L'outil intègre des appareils de mesures très proches d'un multimètre ou oscilloscope réel.

Outils pédagogiques

Openboard, tableau numérique interactif (11), associé à une tablette numérique (wacom intuos, ou autre) sont vraiment des outils très utiles pour l'enseignant. Cela permet de donner des explications d'un montage ou de développer des calculs. Lorsque le tableau est rempli, on crée une nouvelle page et l'ensemble du tableau est enregistré, ce qui permet de la mettre à disposition des étudiants. La qualité de l'écriture dépend de votre tablette numérique. Il est possible d'insérer un schéma à partir d'un document au format pdf ou autre. Ce type d'outil peut également s'utiliser lors d'un cours en présentiel quand votre écran de PC est transféré vers un vidéo projecteur.

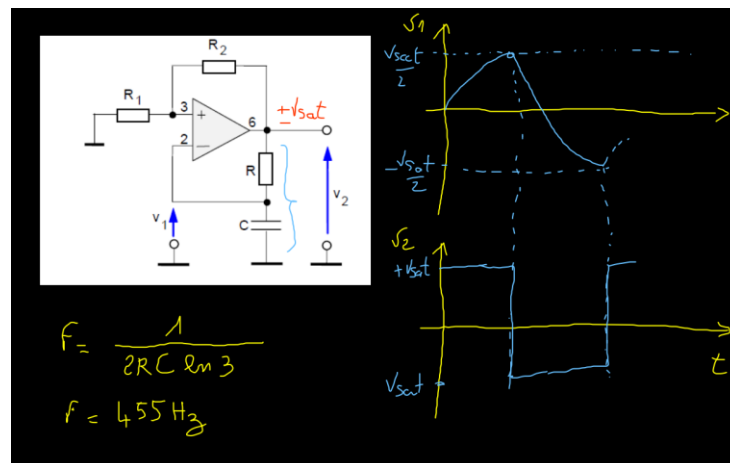


Fig.4. Exemple d'une page du tableau numérique Openboard.

III. Déroulement des séances

Les séances décrites ci-dessous concernent les travaux pratiques d'électronique analogique effectués en DUT GEII première année au deuxième semestre. Ils utilisent tous le logiciel Proteus demo version 8 de chez labcenter. Un groupe de TP est constitué de 16 à 18 étudiants. La durée d'une séance est de trois heures. A chaque séance les étudiants rejoignent leur salle de TP virtuelle en fonction de leur emploi du temps comme décrit précédemment. L'appel est fait puis débute la séance avec toujours un débriefing de la séance précédente et suivi de la présentation des résultats de la préparation du TP du jour.

A la première séance, on propose aux étudiants de visualiser une vidéo (12) qui donne un aperçu de l'utilisation de Proteus en électronique analogique. Il est ensuite proposé aux étudiants d'effectuer un TP, en autonomie, qui comporte deux parties. La première où ils vont utiliser le GFB et l'oscilloscope avec un circuit simple uniquement constitué de composants passifs (résistance, capacité). Leur travail consiste à régler le GBF et visualiser des formes d'ondes. A chaque nouvel oscillogramme, ou mesure, l'enseignant propose à un étudiant de partager son écran et d'exposer les réglages qu'il a faits ainsi que de décrire la forme d'onde obtenue. Lors de la deuxième partie du TP les étudiants utilisent la fonction permettant de tracer des graphes temporels et fréquentiels (diagramme de Bode, analyse spectrale) sur lesquelles ils peuvent effectuer des mesures.

On passe ensuite aux TPs d'électronique proprement dits. Chaque TP comporte une partie préparation qui doit, en principe, être faite avant de débiter la séance de TP. Des étudiants, désignés, vont exposer la préparation au TP qui sera complétée, selon les besoins, par l'enseignant. C'est particulièrement à ce niveau-là que le tableau numérique Openboard est très utile.

Ensuite ils font le TP avec en premier la saisie du schéma suivi de la simulation et des mesures qui sont demandées. La difficulté pour l'enseignant est que tout le monde ne travaille pas au même rythme et qu'à un moment donné il faut synchroniser le groupe avant de passer aux questions suivantes. Cette difficulté reste toutefois assez équivalente à celle rencontrée lors de séance en présence et les enseignants ont l'habitude de gérer cette situation. Une explication magistrale peut très bien être donnée plusieurs fois durant la séance ou bien on peut également faire des salles privées pour une discussion plus approfondie avec un étudiant ou un groupe d'étudiant en particulier. L'expérience montre toutefois que dans le cadre de TP avec un sujet commun, il est préférable de rester en contact avec l'ensemble des participants.

Afin de gérer au mieux le côté hétérogène des étudiants, il y a dans un sujet des questions de base, que tout le monde doit avoir traitées, et des questions qu'on peut qualifier de plus avancées, qui permettent aux étudiants plus rapides de ne pas être bloqués. L'enseignant propose régulièrement à un étudiant de partager son écran et d'exposer aux autres le résultat de ses mesures et de ses calculs.

Pour les montages qui n'ont pas de signal d'entrée, comme les oscillateurs astables par exemple, il ne faut pas oublier de fixer la tension initiale aux bornes du condensateur, c'est là typiquement, une intervention de l'enseignant, car cela demande une connaissance plus approfondie du logiciel de simulation.

Les étudiants peuvent à tout moment intervenir quand ils butent sur une difficulté et c'est soit un autre étudiant qui intervient en donnant sa solution soit l'enseignant en dernier recours. Nous privilégions évidemment les réponses formulées par les étudiants eux-mêmes, car il est bien connu qu'il n'y a pas de meilleur pédagogue que celui qui vient de comprendre le concept. Cette méthode a également l'avantage d'impliquer plus fortement les étudiants durant la séance. Ce module d'électronique inclut sept TPs qui traitent de

sujets divers comme les montages élémentaires à amplificateurs opérationnels, les oscillateurs astables et les filtres du second ordre.

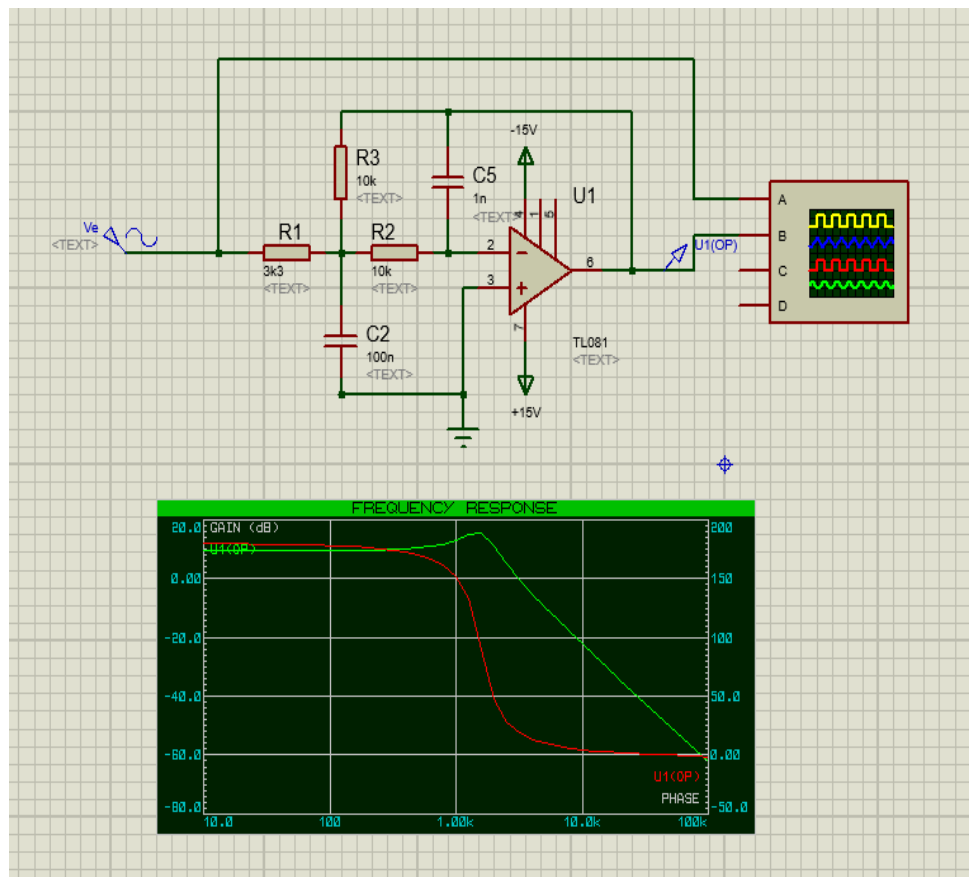


Fig.5. Schéma d'un filtre passe-bas du second ordre dans Proteus avec visualisation de l'entrée et la sortie avec un oscilloscope et le tracé du diagramme de Bode du filtre.

Les sujets de TPs sont les mêmes que pour le fonctionnement en présentiel. Quand il y a une question qui demande de réaliser le montage et d'effectuer des mesures, les étudiants le font avec Proteus, car la saisie du schéma se rapproche bien du câblage réel.

Régulièrement l'enseignant réalise des statistiques concernant les réponses trouvées afin de rythmer la séance et de détecter les difficultés. Les réponses aux questions sont données soit par un étudiant qui partage son écran, soit par l'enseignant lorsque le besoin s'en fait ressentir. De même, lorsqu'une justification théorique est nécessaire, celle-ci est prioritairement donnée par un étudiant, mais dans la pratique nous nous sommes rendu compte qu'ils n'avaient pas de tablette graphique (écriture manuelle) pour une majorité d'entre eux et c'est donc l'enseignant qui rédige la solution à ce type de question. Ainsi se déroulent toutes les séances de TP avec un TP test à la fin, toujours en virtuel, par contre chaque étudiant aura un sujet unique. En effet même s'ils ont tous le même montage à étudier, les valeurs numériques des composants diffèrent. Les étudiants effectuent leurs mesures et reportent leurs résultats dans les espaces dédiés du sujet (outils moodle). Une correction automatique est alors effectuée par l'enseignant qui a préalablement paramétré (formules et justesses) le logiciel de test pour que les réponses apportées par les étudiants soient dans un intervalle de tolérance acceptable, quelles que soient les valeurs numériques des composants.

Evaluation à distance

L'évaluation et le contrôle des connaissances des étudiants à distance ont été effectués à l'aide de la plateforme Moodle. Celle-ci offre un éventail assez large de méthodes d'évaluation qui permet de construire l'examen selon l'activité et les acquis d'apprentissages visés.

Le test théorique d'électronique est élaboré avec une composition de questions sous forme de QCM, et question calculée. Une banque de questions est répartie en plusieurs catégories et organisée selon une arborescence pour rassembler plusieurs questions d'une même thématique (amplificateur, filtre du 1er ordre, analyse spectrale...) et de même type (Vrai/Faux par exemple). Cette banque de questions offre la possibilité dans une évaluation de sélectionner une question spécifique ou de générer des questions de manière aléatoire à partir de la catégorie choisie. La première partie du test comporte plusieurs QCM de type Vrai/Faux choisis de manière aléatoire dans une catégorie pour éviter la transmission des réponses. La deuxième partie comporte différentes questions identiques pour chaque étudiant, mais en activant l'option « Mélanger » pour éviter d'apparaître dans le même ordre pendant l'épreuve d'évaluation.

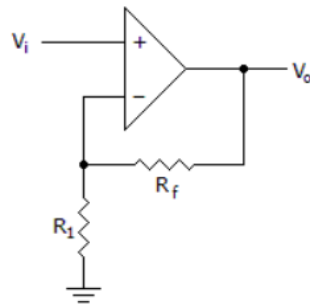
La troisième partie du sujet comporte des questions calculées qui sont générées avec des valeurs aléatoires, par exemple une valeur de résistance avec la syntaxe {RF}, issues d'un jeu de 80 valeurs bornées pour éviter la propagation des réponses entre étudiants. Des formules spécifiques exploitant ces valeurs numériques aléatoires permettent de calculer les résultats de la question où des tolérances de type relatif, nominal ou géométrique sont automatiquement associées pour garantir une marge de sécurité sur la valeur numérique saisie par l'étudiant qui peut provenir d'éventuels arrondis appliqués au cours du calcul. La précision de la valeur du résultat est systématiquement indiquée dans l'énoncé de la question (Figures 6 et 7).

Le test dit pratique est construit autour de la simulation des circuits sur Proteus. Le sujet précise les montages à simuler. Les circuits sont fournis et téléchargeables à partir d'un lien indiqué dans l'énoncé.

L'étudiant doit modifier les valeurs des éléments du circuit en fonction du jeu de valeurs générées de manière aléatoire indiqué dans la question. Il doit également ajouter et paramétrer les générateurs et les outils de mesures adéquates pour effectuer correctement les simulations et répondre à la question. L'objectif de ses simulations étant de déterminer des tensions de seuil, analyses temporelle (temps de montée, de réponse, dépassement...) et fréquentielle (diagramme de Bode de gain et de phase), du circuit, analyse spectrale du signal

Un coefficient est attribué à chaque question pour calculer une note finale sur 20. Certaines questions sont découpées en 3 niveaux de notes pour mettre des points lorsque la réponse est proche du résultat comme par exemple pour les mesures de temps de montée. Le temps disponible pour faire ces deux évaluations est limité à deux heures avec une heure d'ouverture et de fermeture.

Soit le montage suivant :



On prend $R_1 = 100 \Omega$, $R_f = \{RF\} \text{ k}\Omega$ et $V_0 = 550 \text{ mV}$.

Quelle est la valeur de la tension d'entrée V_i ?

Donner la valeur en Volt et au mV près.

▼ Réponses

Formule de la réponse 1 =	<input type="text" value="550/((RF)^*10+1)"/>	Note	<input type="text" value="100%"/>
Tolérance ±	<input type="text" value="0,01"/>	Type	<input type="text" value="Relatif"/>
Affichage de la réponse	<input type="text" value="3"/>	Format	<input type="text" value="décimales"/>

Fig.6. Exemple de question avec une valeur choisie aléatoirement dans une liste de valeurs générées au préalable, image de la question et du calcul de la réponse sous Moodle.

Jeu 80

Variable {RF}

$550/((RF)^*10+1)$

$550/(1.8^*10+1) = 28.947$

Réponse correcte : 28.947 dans les limites de la valeur réelle
Minimum: 28.657894736842 --- Maximum: 29.236842105263

Jeu 79

Variable {RF}

$550/((RF)^*10+1)$

$550/(5.5^*10+1) = 9.821$

Réponse correcte : 9.821 dans les limites de la valeur réelle
Minimum: 9.7232142857142 --- Maximum: 9.919642857143

Jeu 78

Variable {RF}

$550/((RF)^*10+1)$

$550/(2.5^*10+1) = 21.154$

Réponse correcte : 21.154 dans les limites de la valeur réelle
Minimum: 20.942307692307 --- Maximum: 21.365384615385

Fig.7. Exemple de jeu de valeurs et des réponses correspondantes

IV. Conclusion

L'enseignement de l'électronique analogique se prête assez bien à l'enseignement à distance si on passe l'apprentissage par la simulation avec les bons outils. Une séance encadrée à distance peut être très efficace en assurant une bonne interaction entre l'enseignant et les étudiants à travers des étapes d'échange rythmant la séance. Les outils, l'organisation et la méthodologie utilisée au sien de l'IUT de Haguenau ont été décrits. Un kit complet incluant les outils de simulation ainsi que les sujets sont disponibles à l'adresse

suivante (13). L’outil Proteus en version de démonstration se trouve être très pertinent dans cette approche de par sa convivialité et sa facilité d’utilisation. Il propose par ailleurs des outils de mesures s’approchant des véritables appareils de mesure. Les outils de visioconférence et d’interaction avec les participants sont efficaces dans ce cadre et enfin l’outil Moodle permet de faire une évaluation en ligne de façon impartiale avec le tirage de questions aléatoire et surtout le tirage de jeux de données aléatoire.

Références

1. <https://www.electronique-mixte.fr/formation-pdf/cours-electronique-analogique/>
2. <http://www.iutenligne.net/catalog/thematique/electronique-analogique>
3. <https://www.vgies.com/electronique-analogique-lineaire-non-lineaire-iut-geii-de-toulon-1a-se1/>
4. <http://les-electroniciens.com/cours-d-electronique>
5. <http://fabrice.sincere.pagesperso-orange.fr/electronique1.htm>
6. <http://courelectr.free.fr/BASE/ELEC.HTM>
7. <https://www.cnfdi.com/formation-distance-electronique-f-96.html>
8. https://www.youtube.com/channel/UC9kQDY5Hnwcqq_4JK7BIO_w/videos
9. <https://www.youtube.com/channel/UCUVPS01aKk7j1VCY2LqBE-w/videos>
10. <https://www.labcenter.com/downloads/>
11. <https://openboard.ch>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=A7vMPmdxQjY>
13. <https://seafire.unistra.fr/d/c0a5b98a4b8345728c95/>