



Approche expérimentale de l'électronique dans le cadre d'un enseignement hybride*

Alexis Landrault¹, Hamid M'Jahed², Christophe Pasquier¹, Frédéric Sarry², Lakhdar Zaid³, Omar Elmazria²

¹UCA - Clermont Auvergne INP/Polytech Clermont - Institut Pascal UMR6602 UCA/CNRS

²Université de Lorraine, Polytech Nancy, CNRS, Institut Jean Lamour, F-54000 Nancy, France

³Université d'Aix-Marseille, Polytech Marseille, IM2NP, F-13003 Marseille, France

*Auteur de correspondance : alexis.landrault@uca.fr

Résumé : *Cet article présente une approche innovante dans le domaine de l'enseignement expérimental de l'électronique, adaptée aux contraintes du distanciel. Dans un contexte où les formations en ligne nécessitent des méthodes pédagogiques adaptées pour maintenir l'efficacité des apprentissages, cette approche propose une méthodologie structurée permettant aux étudiants de réaliser des travaux pratiques à distance. En s'appuyant sur la plateforme Keysight qui propose des outils de simulation et de mesure avancés accessibles en ligne, cette méthode vise à reproduire les conditions d'un laboratoire traditionnel tout en favorisant l'autonomie et l'interactivité. L'objectif principal est de permettre aux étudiants de manipuler des circuits électroniques de manière concrète en autonomie afin que l'apprenant soit moteur dans son apprentissage. Les premiers retours des étudiants mettent en évidence une amélioration significative de leur compréhension des concepts électroniques associés aux manipulations et une plus grande aisance dans la confrontation avec la partie manipulation et technique. Cette approche s'inscrit dans une volonté d'innovation pédagogique, visant à renforcer la réussite des étudiants dans un contexte d'enseignement hybride ou entièrement distanciel.*

Mots clés : TP électronique, distanciel, mise à niveau, parcours de formation, apprentissage en autonomie.

Abstract: Electronics education: the hybrid teaching experiment

This article presents an innovative approach in the field of experimental electronics teaching, adapted to the constraints of remote learning. In a

* Note de bas de page liée au titre de l'article.

context where online training requires tailored pedagogical methods to maintain learning effectiveness, this approach proposes a structured methodology enabling students to conduct practical work remotely. By leveraging the Keysight platform, which offers advanced online simulation and measurement tools, this method aims to replicate the conditions of a traditional laboratory while promoting autonomy and interactivity. The primary objective is to allow students to manipulate electronic circuits in a concrete and autonomous manner, making the learner the driving force in their own learning process. Initial feedback from students highlights a significant improvement in their understanding of electronic concepts related to manipulations and greater ease in dealing with the practical and technical aspects. This approach is part of a drive for pedagogical innovation, aiming to enhance student success in hybrid or fully remote teaching contexts.

Keywords: Remote electronics practical work, bridging modules, structured training pathway, and autonomous learning processes.

1. Introduction

La maîtrise des concepts fondamentaux en électronique reste un enjeu clé pour les étudiants des filières d'ingénieurs en électronique, microélectronique, systèmes embarqués ou énergie. Cependant, l'enseignement de ces concepts ne peut se limiter à la théorie : une approche expérimentale, permettant aux étudiants de manipuler et d'expérimenter, est essentielle pour consolider les apprentissages. Dans un contexte où l'enseignement hybride et distanciel prend une place croissante, il est devenu crucial de repenser la manière dont les travaux pratiques (TP) sont dispensés, en particulier pour les étudiants débutants qui doivent acquérir des compétences techniques solides dès leur entrée dans l'enseignement supérieur.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet OpenING (devenu par la suite WidenING) qui a introduit une approche pédagogique innovante basée sur des grains pédagogiques modulaires, permettant aux étudiants de travailler en autonomie tout en bénéficiant d'un accompagnement personnalisé. Alors que notre précédent travail se concentrait sur une vision globale de l'enseignement hybride et des grains théoriques, ce article se focalise sur un grain spécifique : la mise en œuvre de TP à distance en électronique grâce à la plateforme Keysight. Cette plateforme, qui propose des outils de simulation et de mesure avancés, permet de reproduire les conditions d'un laboratoire traditionnel tout en offrant une flexibilité adaptée aux contraintes du distanciel.

L'objectif de ce travail est double : d'une part, démontrer comment la plateforme Keysight peut être intégrée dans un dispositif pédagogique hybride pour enseigner l'électronique de manière pratique et interactive ; d'autre part, évaluer l'impact de cette approche sur l'apprentissage des étudiants, en particulier en termes de compréhension des concepts et de développement de compétences techniques. Les premiers retours des étudiants, ainsi que les résultats obtenus, mettent en lumière les avantages de cette méthode, tout en identifiant des pistes d'amélioration pour une généralisation à plus grande échelle.

La suite de cet article est organisée comme suit : la section 2 présente le contexte et les motivations de cette approche, en insistant sur les défis spécifiques des TP à distance en électronique. La section 3 décrit en détail le grain pédagogique dédié aux TP avec la plate-forme Keysight, incluant son contenu, ses objectifs et son intégration dans le dispositif

OpenING/WidenING. La section 4 analyse les retours d'expérience des étudiants et les résultats obtenus. Enfin, la section 5 propose une conclusion synthétique et des perspectives.

2. Contexte

2.1. Enjeux des TP en électronique

Les travaux pratiques (TP) en électronique jouent un rôle central dans la formation des étudiants en sciences de l'ingénieur. Ils permettent de concrétiser les concepts théoriques enseignés en cours, en offrant aux apprenants l'opportunité de manipuler des appareils et composants, de réaliser des montages et d'analyser des résultats expérimentaux. Cette approche pratique est essentielle pour développer des compétences techniques et une compréhension approfondie des phénomènes physiques sous-jacents [1]. Cependant, l'enseignement des TP en électronique se heurte à plusieurs défis, notamment dans un contexte hybride ou distanciel.

Tout d'abord, l'accès au matériel et aux équipements spécialisés constitue une contrainte majeure. En présentiel, les étudiants bénéficient de laboratoires équipés de dispositifs de mesure, de générateurs de signaux et de composants électroniques variés. À distance, cette accessibilité est limitée, ce qui nécessite des solutions alternatives pour reproduire les conditions d'un laboratoire traditionnel [2]. Par ailleurs, l'interactivité, qui est un élément clé des TP, est souvent réduite en distanciel. Les échanges entre enseignants et étudiants, ainsi que les retours immédiats sur les manipulations, sont plus difficiles à mettre en œuvre [3].

Enfin, l'autonomie des étudiants est à la fois une opportunité et un défi. Si certains apprenants parviennent à s'adapter rapidement à un mode d'apprentissage à distance, d'autres peuvent rencontrer des difficultés pour organiser leur travail ou résoudre des problèmes techniques sans accompagnement direct. Ces enjeux soulignent la nécessité de repenser les modalités d'enseignement des TP en électronique, en intégrant des outils numériques adaptés et en favorisant une pédagogie active et interactive. Dans ce cadre, de nombreuses expérimentations utilisant des TP à distance ont eu lieu : nous pouvons citer entre autres LaboREM [4] qui montre que les étudiants peuvent effectuer des TP d'électronique à distance avec une efficacité comparable à celle des TP en présentiel, grâce à des outils et des plateformes adaptés. Il est constaté que leur approche permet d'accroître d'environ 20% la motivation des étudiants et qu'elle vient se combiner à l'approche TP en présentiel mais ne la remplace pas.

2.2. L'approche OpenING/WidenING

Le réseau Polytech donne une place à l'innovation, notamment dans le domaine du numérique au sein des pratiques pédagogiques dans un enjeu de mutualisation, d'échanges et d'actions en faveur de la réussite des élèves. La mise en œuvre à la rentrée 2019 dans les lycées de la réforme établissant la suppression des filières au profit d'un enseignement de tronc commun assorti de trois enseignements de spécialité aux choix parmi douze a induit des parcours différents selon les spécialités choisies au bac et a mis en évidence des socles de connaissances hétérogènes.

C'est dans ce contexte qu'est né le projet OpenING/WidenING [5] qui vise donc à accompagner en priorité les élèves de premier cycle. Choisi comme 18 autres projets innovants en plus des 15 lauréats retenus par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation dans le cadre d'un appel à projets lancé par l'ANR, le projet OpenING/WidenING a vocation à produire des grains pédagogiques pour les disciplines fondamentales du socle commun du PeiP, le cursus préparatoire intégré des écoles Polytech.

C'est dans le cadre de ce projet que se sont développés des grains pour la matière électronique fondamentale dans les filières d'élèves-ingénieurs et de master traitant de l'électronique, la microélectronique, les systèmes embarqués ou l'énergie. Ces grains sont des petites unités d'enseignements permettant de faire le point sur une (ou quelques) notion(s). Les primo-arrivants en étude supérieure ont souvent besoin de consolider des bases de théories des circuits (théorèmes généraux), d'asseoir leurs connaissances en mathématiques appliquées pour l'électronique ou de reprendre des notions fondamentales comme la modélisation ou la simulation de circuits électronique.

De façon plus large, les enjeux liés à la création de ces nouveaux grains pédagogiques et de parcours de remise à niveau sont multiples :

- Inciter et accompagner les enseignants à la transformation de leurs enseignements vers une pédagogie hybride ;
- Consolider les connaissances des élèves primo-arrivants en cycle préparatoire (PeiP) ;
- Permettre aux étudiants de se familiariser avec les pratiques innovantes de suivi de parcours de formation en ligne de manière autonome, en facilitant l'acquisition de notions théoriques, ainsi que la réalisation de quiz et d'exercices pratiques ciblés

Cet article se concentre sur le TP à distance d'électronique, mais le projet OpenING/WidenING couvre un large spectre de matières scientifiques auquel ont participé les enseignants des écoles Polytech inscrits dans cette démarche de conception et de mise en place d'une pédagogie hybride.

Ce TP distanciel s'adresse principalement aux étudiants des classes préparatoires des écoles du réseau Polytech (appelées PeiP), qui est une formation généraliste avec des bases scientifiques solides, mais où les aspects pratiques et expérimentaux sont peu abordés.

La formation est accessible via E.planet [6] qui est la plateforme de formation du réseau Polytech. On y trouve l'ensemble des ressources OpenING/WidenING comme illustré à la figure ci-dessous et on peut y accéder directement à partir d'un compte universitaire.

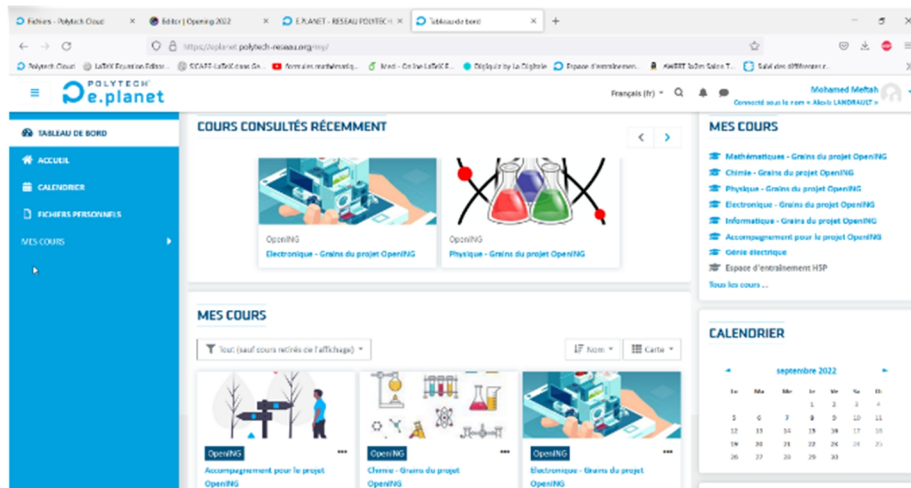


Figure 1. Page d'accueil de E.planet et accès aux cours (grains) du projet OpenING/WidenING

L'approche repose sur la notion de grain pédagogique que l'on définit comme la plus petite unité pédagogique d'un programme, correspondant à un (ou quelques) objectif(s) bien identifié(s). Il constitue une entité réalisable en autonomie, mais pouvant s'intégrer dans différents parcours. Il est composé de l'ensemble des contenus nécessaires pour atteindre l'objectif, et pour évaluer la réussite de cet objectif.

Un grain pédagogique comprend ainsi des éléments multimédias (textes, images, vidéos, etc.), ainsi que des exercices interactifs, dont certains permettent l'auto-évaluation, afin de valider la réussite de l'objectif visé. La durée d'un grain pédagogique varie en fonction de l'objectif visé, mais reste généralement courte, allant de 30 minutes à 2 heures.

L'objectif final est de créer des parcours pour l'apprentissage autonome de l'apprenant. On parle aussi de granularisation d'un enseignement lorsque l'on découpe le contenu de ce cours en de nombreux items (appelés grains) afin de pouvoir les combiner dans des parcours pédagogiques différents. L'objectif de cet article est de présenter le grain « Travaux pratiques à distance ».

2.3. La plateforme Keysight

L'importance du volet expérimental en électronique nous a conduit à envisager la mise en place d'une plateforme de travaux pratiques accessibles à distance. Après une première étude comparative des plateformes existantes, nous nous sommes orientés vers la solution proposée par société "Keysight technologies" et qui répond parfaitement à notre problématique. La solution Keysight permet en utilisant le système de commutation à distance U3900DAQ [7] de contrôler plusieurs équipements d'instrumentation (oscilloscope, générateur de signaux, multimètres, matrice de relais, alimentation, etc.). La plateforme Keysight s'impose comme une solution technologique de premier plan pour l'enseignement des systèmes électroniques et de communication, notamment dans le cadre de travaux pratiques (TP) à distance. Elle combine des outils de simulation avancés, des instruments de mesure virtuels et une flexibilité d'accès, en reproduisant fidèlement les conditions d'un laboratoire traditionnel.

Keysight propose une suite logicielle complète, incluant des simulateurs tels que PathWave ADS (Advanced Design System) pour la conception de circuits RF et micro-ondes, et Keysight EEsof EDA pour la modélisation de systèmes de communication complexes. Ces outils intègrent des bibliothèques de composants riches (transistors, amplificateurs, filtres, etc.) et des modèles physiques précis, permettant aux étudiants de concevoir et valider des circuits dans des conditions proches de la réalité. Par exemple, les étudiants peuvent simuler des réseaux 5G ou des systèmes IoT en utilisant des modèles de canal réalistes.

La plateforme inclut également des instruments virtuels tels que des oscilloscopes numériques, des générateurs de signaux arbitraires et des analyseurs de spectre, qui reproduisent les fonctionnalités des équipements physiques haut de gamme. Ces outils sont pilotables via une interface graphique intuitive, offrant des mesures précises (résolution jusqu'à 12 bits pour les oscilloscopes) et des visualisations en temps réel ce qui est un avantage pour les TP à distance.

Les simulateurs Keysight utilisent des moteurs de calcul puissants (comme le solveur FDTD pour les simulations électromagnétiques) pour garantir des résultats précis et reproductibles. Par exemple, un étudiant peut analyser la réponse en fréquence d'un filtre passe-bande avec une précision de l'ordre du dB, comparable à une mesure physique. On peut noter aussi, même si ça dépasse les motivations initiales de cet enseignement, que la plateforme permet d'explorer des concepts avancés, comme la modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou l'analyse de signaux OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), sans nécessiter d'équipements coûteux.



Figure 2. Page d'accueil du grain électronique (TP à distance accessible via l'onglet en haut à droite)

Les étudiants peuvent accéder à la plateforme via un navigateur web sur le site eplanet (voir figure 2) et se connecter au TP à distance via le logiciel PathWave Lab Operation de Keysight (voir figure 3). Ce dernier gère : l'administration des plannings, le contrôle des instruments, l'accès sécurisé ainsi que l'accès à distance pour la mesure et l'analyse.



Figure 3. Interface d'accès Keysight

Ensuite l'apprenant est guidé pour procéder à l'accès à distance sur la plateforme de TP. Il est à noter que l'accès aux élèves disposant des droits requis se fait par un système de réservation.

3. Description du grain pédagogique sur le TP électronique à distance

3.1. Objectif du grain "TP à distance"

L'objectif principal de ce grain pédagogique est d'offrir aux étudiants une expérience d'apprentissage pratique en électronique, essentielle pour consolider et appliquer les concepts théoriques dans un contexte réel. À travers des simulations interactives et des outils de mesure virtuels, ce grain vise à recréer les conditions d'un laboratoire traditionnel tout en permettant une accessibilité flexible et adaptée au format distanciel.

Les étudiants auront ainsi l'opportunité de manipuler des paramètres, d'observer les résultats en temps réel, et de développer des compétences pratiques telles que la conception de circuits, l'analyse de signaux électroniques, ainsi que l'utilisation d'instruments de mesure avancés. Cette approche favorise l'expérimentation autonome, tout en restant accompagnée par des ressources pédagogiques interactives, permettant aux étudiants de progresser à leur propre rythme.

Le grain encourage également l'engagement et la motivation des étudiants grâce à une approche immersive et interactive. Les outils de simulation avancés de la plateforme Keysight, tels que les oscilloscopes et les générateurs de signaux, facilitent cette expérimentation en offrant des retours visuels immédiats et une interactivité propre à l'environnement numérique en mode distanciel.

En outre, les étudiants bénéficient de supports didactiques diversifiés (tutoriels, fiches techniques, exercices pratiques) pour renforcer leur compréhension des phénomènes électroniques.

3.2. Le déroulé du TP à distance pour l'apprenant

La solution Keysight permet en utilisant le système de commutation à distance U3900DAQ [5] de contrôler plusieurs équipements d'instrumentation (oscilloscope, générateur de signaux, multimètres, matrice de relais, alimentation, ...). La matrice des relais permet de sélectionner un TP parmi plusieurs à sa disposition. Cette plateforme expérimentale de « Travaux Pratiques en distanciel » est composée de 9 postes de travail répartis sur 3 écoles du réseau Polytech (Clermont-Ferrand, Marseille et Nancy). Chaque poste dispose de 40 relais DC (régime continu) et de 6 relais RF (radio fréquence) ce qui permet de réaliser jusqu'à 6 TP différents (voir plus si nécessaire). Cela signifie qu'on peut avoir jusqu'à 9 apprenants qui réalisent un TP simultanément (mais pas nécessairement le même TP).

Une fois connecté à l'interface, l'apprenant prend la main grâce à un « request control » (figure 4) qui lui permet de contrôler l'écran du PC distant pilotant les appareils installés localement dans les salles de TP.

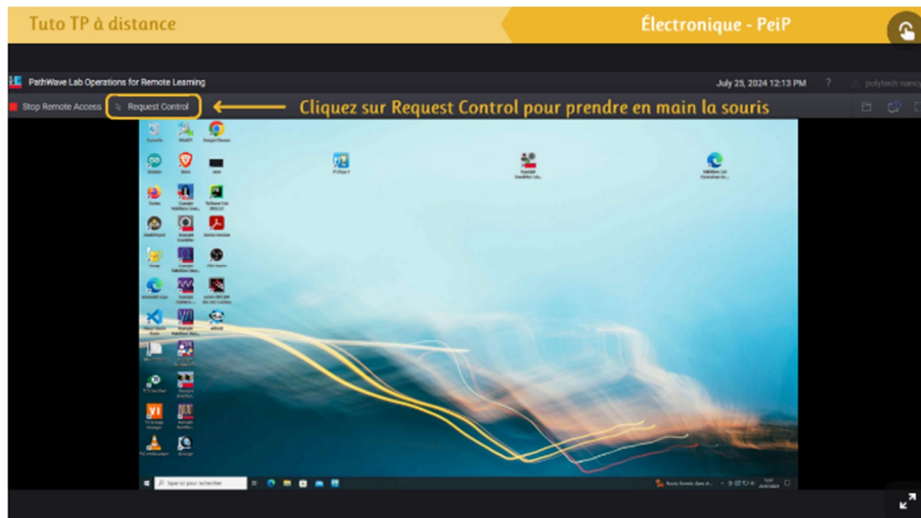


Figure 4. Interface PC distant et « request control »

Cette interface PC distant permet de lancer les différentes applications Keysight comme « BenchVue Software » [8] qui permet de contrôler plusieurs instruments et de visualiser les mesures associées simultanément.

Elle permet notamment de contrôler à distance l'oscilloscope. Cela rend possible également de déplacer la caméra (figure 5) et de zoomer (à l'aide de l'interface graphique) permettant de regarder en détails le montage du circuit et/ou les instruments.

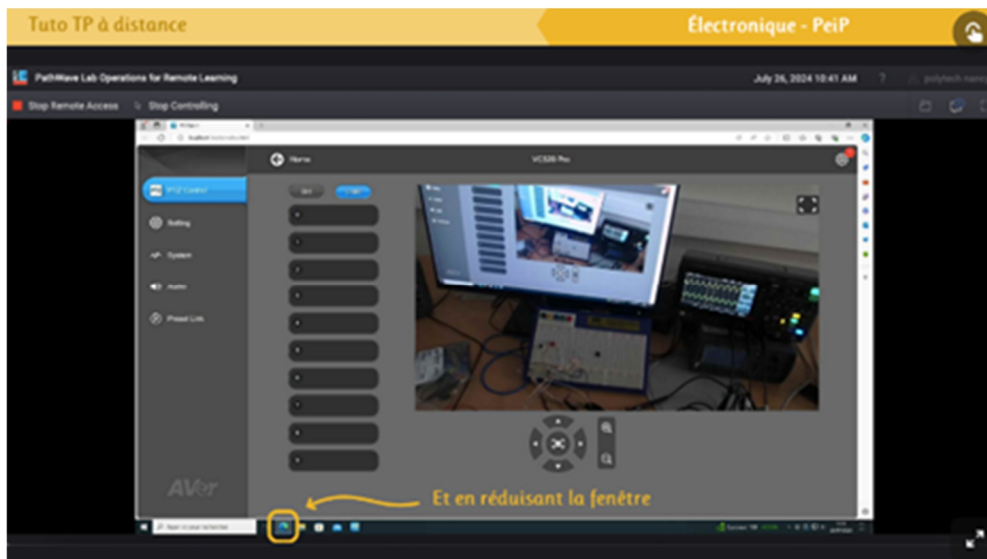


Figure 5. Interface PC distant et contrôle de la caméra

Le logiciel BenchVue de Keysight offre plusieurs fonctionnalités détaillées pour le contrôle et la visualisation des signaux sur l'oscilloscope piloté à distance (voir figure 6) comme le contrôle des paramètres (réglage des échelles de temps et de tension, sélection des canaux et configuration des déclencheurs), l'enregistrement (capture de formes d'onde et enregistrement continu, l'enregistrement des données directement sur le PC), l'analyse des signaux (mesures automatiques d'amplitude, fréquence) et de spectre pour les composantes fréquentielles.

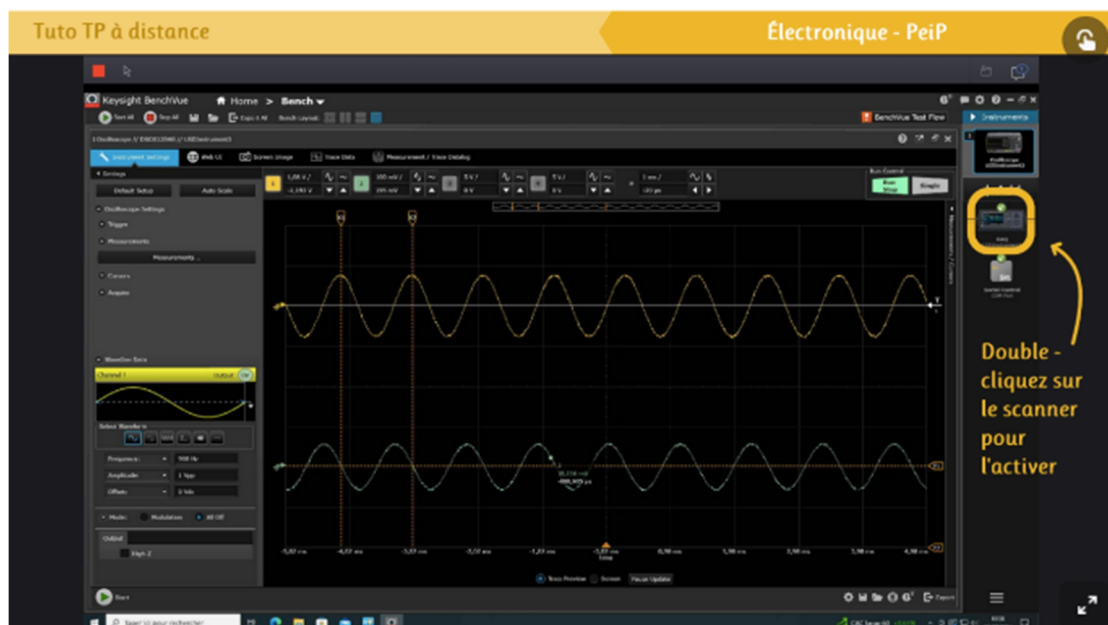


Figure 6. Visualisation de signaux à l'oscilloscope

L'élève peut ainsi se familiariser avec le contrôle et la visualisation des signaux (choix de la voie d'oscilloscope, différents types de mesure, etc.), un aspect qui peut s'avérer complexe pour les étudiants issus de filières généralistes où ces notions sont peu abordées.

L'apprenant peut choisir son TP (parmi une sélection prédéfinie) grâce à l'interface graphique comme indiqué à la figure 7.

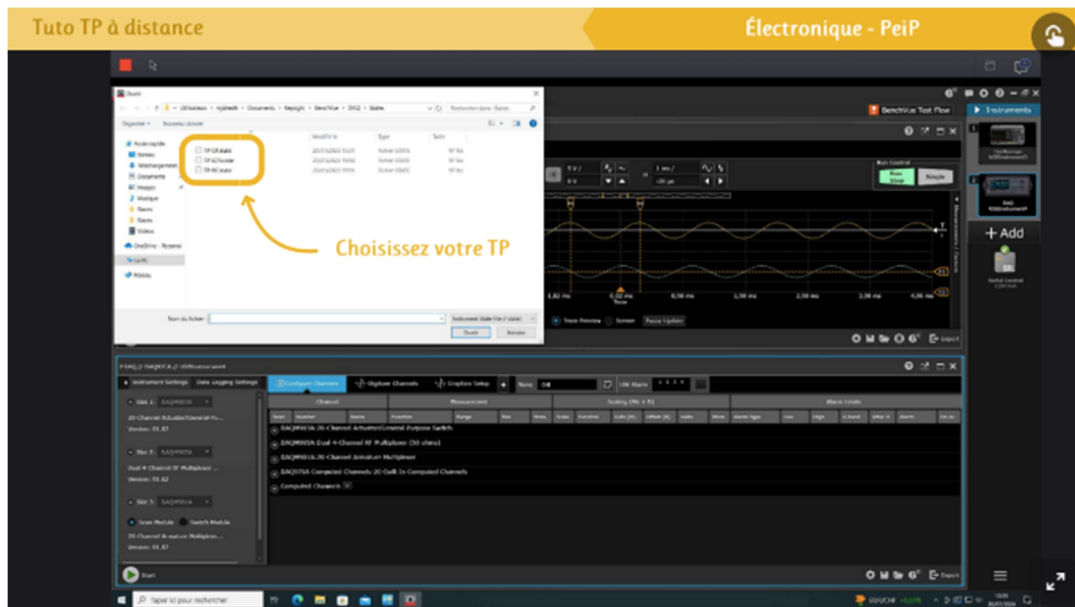


Figure 7. Choix du TP

Ce sont les différents relais qui permettent physiquement de configurer jusqu'à 6 TP différents. Parmi les TP proposés, nous avons :

- des circuits simples permettant la validation des théorèmes généraux en étude statique.
- des TP en lien avec des circuits passifs de type RC, CR, RLC ... qui seront étudiés en régime transitoire et harmonique.
- des TP en lien avec des circuits actifs utilisant des amplificateurs type AOP (amplificateur opérationnel)

4. Le retour des étudiants

A ce jour, plus de 1800 étudiants des classes préparatoires du réseau Polytech bénéficient potentiellement de l'accès à ce TP à distance. Bien sûr, ils ne vont pas tous continuer dans le domaine de l'électronique mais le fait que cet outil leur soit librement à disposition peut soit assurer une montée en compétences soit susciter des vocations

Les avis de premiers étudiants « testeurs » (plusieurs dizaines) ont été recueillis à l'aide d'une fiche/formulaire de testeur évoluant :

- Niveau de maîtrise (de l'apprenant testeur) de la notion avant le test du grain
- Compréhension à la fin du grain

- Ergonomie du grain
- Zones d'expression libre sur ce qui a été le plus apprécié dans le grain et inversement ce qui a posé le plus de difficultés
- Idées d'améliorations que propose l'apprenant

Ce formulaire testeur s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue du programme qui permet aux créateurs de grains hybrides comme ce TP à distance d'ajuster le contenu de ceux-ci en s'appuyant sur ces retours. Par exemple sur cet enseignement, l'accessibilité à la plateforme Keysight a été jugée comme un atout : les étudiants ont mis en avant la possibilité de réaliser des manipulations de circuits et des mesures en temps réel, sans nécessiter un laboratoire physique. Cela a facilité leur apprentissage, leur permettant d'accéder à des outils professionnels qu'ils n'auraient peut-être pas pu utiliser dans un cadre de TP traditionnel. Certains étudiants notent par exemple que ça facilite l'accès à du matériel en leur "laissant à disponibilité le cours durant toute l'année ce qui est très utile car un oscilloscope n'est pas toujours disponible". L'interface intuitive de la plateforme et les ressources multimédias (tutoriels, vidéos explicatives) ont également été appréciées, contribuant à un apprentissage plus autonome et interactif.

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté un TP à distance en électronique qui, notamment grâce à la plateforme Keysight, offre de nombreux avantages en termes de flexibilité et d'accessibilité et permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances en électronique à leur propre rythme et d'expérimenter de manière autonome. Cette approche se démarque par le fait que ce TP à distance est un grain d'une approche plus globale (composée donc de plusieurs grains) où l'apprenant peut retourner en autonomie sur la partie théorique ou sur la partie "prise en main du matériel" ou sur tout autre grain qui pourrait l'aider à avancer dans la progression de son TP.

Cependant, cette modalité présente également des défis, tels que la limitation de l'interactivité directe avec les enseignants et la dépendance à la technologie, qui peuvent parfois entraver l'expérience d'apprentissage. C'est pourquoi ces TPs sont une préparation à ce qui attendra les élèves une fois qu'ils auront intégrés un cursus de spécialité. Effectivement ce TP a été conçu pour les élèves de 1er cycle et développé dans le cadre du projet OpenING WidenING / (Ouverture du cycle Préparatoire aux Enseignements Numériques en écoles d'INGénieurs) sous Licence Creative Commons [9] et donc accessible à tous les étudiants disposant d'un compte dans l'une des 15 universités des différentes écoles du réseau Polytech.

Références

- [1] Rebstein Mutti J & Reginelli A (2012) « *De l'importance de la pratique expérimentale dans l'enseignement des sciences* », *Mémoire de Diplôme d'enseignement pour le degré secondaire*, <https://doi.org/10.22005/bcu.17185>,
- [2] Caron, P.-A. (2021). « *La mise en place de l'enseignement à distance au temps de la pandémie.* » *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire / International Journal of Technologies in Higher Education*, 18(1), 102–113. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2021-v18n1-10>
- [3] Céline Averseng. « *Inter(-)activité(s) : combiner contenus et interactions pour obtenir l'engagement des apprenants* ». *Pratiques pédagogiques innovantes : Construire la pédagogie de demain.*, 2024, 978-2376879824. hal-04791932
- [4] Benoît Larroque , Franck Luthon. « *LaboREM : De vrais TP d'électronique... Oui mais à distance*». *CONGRES NATIONAL DE LA RECHERCHE DES IUT*, Jun 2016, Nantes, France. hal-01332258
- [5] Document de référence : *Lettre de mission GT Matières OpenING*, <https://cloud.polytech-reseau.org/index.php/s/FBA4rSdna5sHFpC>. Consulté le 13 mars 2025
- [6] Site de la plateforme de formation du réseau Polytech E.planet, <https://eplanet.polytech-reseau.org>. Consulté le 13 mars 2025
- [7] Fiche technique officiel Keysight du U3900DAQ, <https://www.keysight.com/us/en/assets/3120-1519/data-sheets/U3900DAQ-Switching-System-for-Education-Lab.pdf>. Consulté le 13 mars 2025
- [8] Documentation officielle Keysight du logiciel «PathWave BenchVue » , <https://www.keysight.com/us/en/assets/3121-1067/technical-overviews/PathWave-BenchVue-Software.pdf>. Consulté le 13 mars 2025
- [9] Site de creative commons sur la licence CC BY NC SA (*Ressources téléchargeables et modifiables en dehors de toute contre partie commerciale*), <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>. Consulté le 13 mars 2025

Biographie des auteurs

Alexis Landrault : Maître de conférence à Polytech Clermont (Université Clermont Auvergne /INP Clermont), responsable du département Génie des systèmes de production.

Hamid M'Jahed : Ingénieur à l'université de Lorraine, Polytech Nancy, CNRS, Institut Jean Lamour.

Christophe Pasquier : Maître de conférence à Polytech Clermont (Université Clermont Auvergne /INP Clermont)

Frédéric Sarry : Professeur des Universités à Polytech Nancy (Université de Lorraine) en délégation CNRS.

Lakhdar Zaid : Maître de conférence à Polytech Marseille (Aix-Marseille Université).

Omar Elmazria : Professeur des Universités à Polytech Nancy (Université de Lorraine) , responsable des relations internationales à Polytech Nancy.