

## CHAPTER III

### LES TRAVAUX PRATIQUES A DISTANCE : ASPECTS PEDAGOGIQUES, TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELS.

Abdelhalim BENACHENHOU  
Laboratoire Electromagnétisme et Optique Guidée  
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem-Algeria  
[Abdelhalim.benachenhoul@univ-mosta.dz](mailto:Abdelhalim.benachenhoul@univ-mosta.dz)

#### RESUME

La pandémie de Covid-19 a poussé les établissements d'enseignement supérieur à basculer leur offre de formation en formation à distance. Cet article traite des aspects pédagogiques, techniques et organisationnels à mettre en œuvre lors du basculement des travaux pratiques vers un format en ligne.

**Mots clés :** remote lab – e-engineering – e-learning - RLMS

#### ABSTRACT

The Covid-19 pandemic has prompted higher education institutions to switch their training offer to distance learning. This article discusses the pedagogical, technical and organisational aspects of switching practical work to an online format.

**Keywords :** remote lab – e-engineering – e-learning – RLMS

#### 1. Introduction

La pandémie de Covid-19 a poussé les établissements d'enseignement à basculer en urgence leurs offres de formation en un format partiellement ou totalement à distance. S'il est aisé techniquement de transformer les cours et travaux dirigés en un format à distance, il n'en est pas de même pour les travaux pratiques où les étudiants doivent effectuer des expériences et manipuler à distance des équipements.

#### 2. Le dispositif expérimental

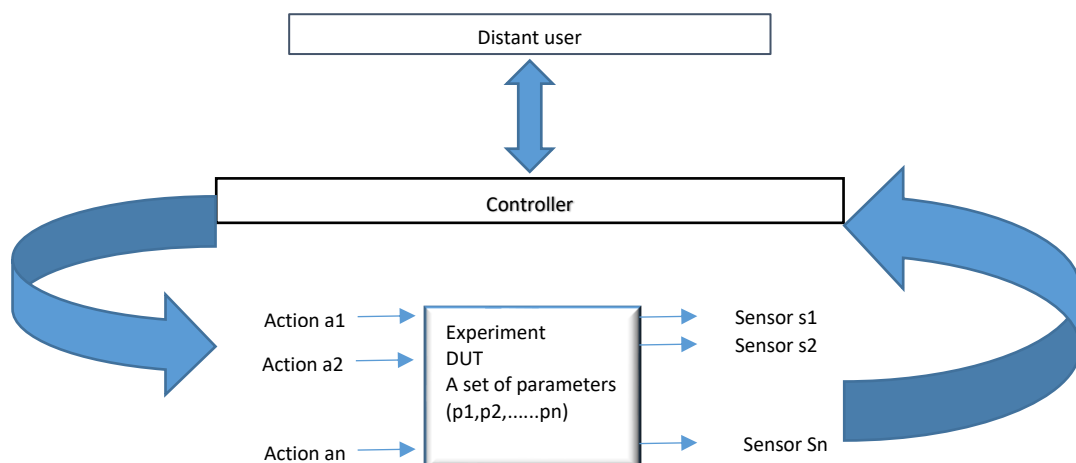


Figure 1 : Dispositif expérimental générique

La figure 1 illustre un dispositif expérimental générique ayant un certain nombre de paramètres variables ( $p_1 \dots p_n$ ). L'expérimentateur agit sur le dispositif par des actions ( $a_1 \dots a_n$ ) pour faire varier les paramètres et observe à l'aide de capteurs ( $s_1 \dots s_n$ ) les résultats de son action. Lors du passage à distance, un contrôleur est ajouté pour effectuer les actions et collecter les observations. L'utilisateur distant agit sur le dispositif expérimental à travers le contrôleur auquel il transmet ses requêtes et qui lui renvoie les observations.

### 3. Aspects pédagogiques

L'introduction des technologies de l'information et de la communication dans le processus pédagogique est une opportunité pour introduire des innovations permettant de rendre l'acte pédagogique plus attrayant pour l'étudiant tout en améliorant le rendement pédagogique.

Traditionnellement les séances de travaux pratiques sont introduites après les séances de cours et de travaux dirigés. Les objectifs des travaux pratiques sont de vérifier expérimentalement le bien fondé des notions théoriques introduites dans le cours magistral. Cette stratégie pédagogique ne favorise pas l'acquisition des compétences d'un scientifique qui doit bâtir son apprentissage sur l'investigation.

#### 3.1. Stratégies pédagogiques

Domin [1] a effectué un examen de la littérature relative aux différents styles d'instruction des travaux pratiques de Chimie qui peuvent être résumé dans le tableau suivant :

Style	Résultat	Approche	Procédure
Expositoire	Prédéterminé	Déductive	Donnée
Enquête	Indéterminé	Inductive	Généré par l'étudiant
Découverte	Prédéterminé	Inductive	Généré par l'étudiant
Basé sur les problèmes	Prédéterminé	Déductive	Donnée

Tableau 1 : Styles d'instruction des travaux pratiques

Bien que la recherche ait été effectuée sur les travaux pratiques de chimie, elle reste valable pour les autres disciplines scientifiques.

#### 3.2. Apprentissage par investigation

Selon Kolb [2] « *L'apprentissage est un processus par lequel la connaissance est créée par la transformation de l'expérience* ».

L'apprentissage a lieu en suivant cinq phases par la méthode dites des 5 E :

- 1) Engagement
- 2) Exploration
- 3) Explication
- 4) Extrapolation
- 5) Evaluation.

La première phase est une mise dans le contexte par l'introduction du sujet. La seconde phase est l'expérimentation proprement dite sans que les résultats de l'expérience soient connus à

l'avance. La troisième phase consiste à élaborer la théorie pour expliquer les phénomènes observés. La quatrième phase consiste à extrapoler les résultats théoriques en imaginant des expériences complémentaires. La phase finale est la validation du processus.

### 3.3. Individualisation

Lors du processus de médiatisation, il est parfois possible de mettre à profit les possibilités qu'offrent les technologies de l'information et de la communication pour prévoir des valeurs numériques personnalisables pour chaque étudiant permettant ainsi de réduire la tricherie et la fraude lors de l'évaluation des acquis des étudiants.

## 4. Aspects techniques

### 4.1. Architecture d'un laboratoire distant

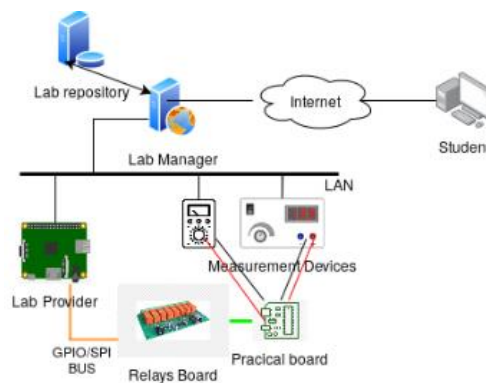


Figure 1 : Architecture d'un laboratoire distant [3]

Au dispositif expérimental classique, est ajouté un système de contrôle et de configuration des différents états du système étudié. Le contrôleur ainsi que les équipements de mesure sont reliés au réseau local du laboratoire. L'étudiant accède au laboratoire à travers la plateforme d'enseignement à distance de type Moodle ou une plateforme de gestion de laboratoire dédiée.

### 4.2. Les acteurs du laboratoire distant

L'enseignant n'a généralement pas les compétences techniques pour mettre en œuvre le TP distant. La conception et la mise en œuvre est un travail d'équipe comprenant :

L'enseignant - Ingénieur électronicien - Ingénieur informaticien - Administrateur réseau de l'établissement – Administrateur des plateformes.

Ces différents acteurs ne travaillent pas de manière autonome. La conception est un processus cyclique. L'enseignant est amené à changer sa stratégie pédagogique sur avis du concepteur matériel en raison des limites de la technologie. Le concepteur matériel discute avec le ou les concepteurs logiciels pour mettre en place la solution. Le processus est itératif jusqu'à l'arrivée à la solution finale.

### 4.3. Conception matérielle

Après avoir conçu pédagogiquement son expérience, l'enseignant avec l'aide de l'électronicien conçoit le dispositif avec toutes les combinaisons possibles.

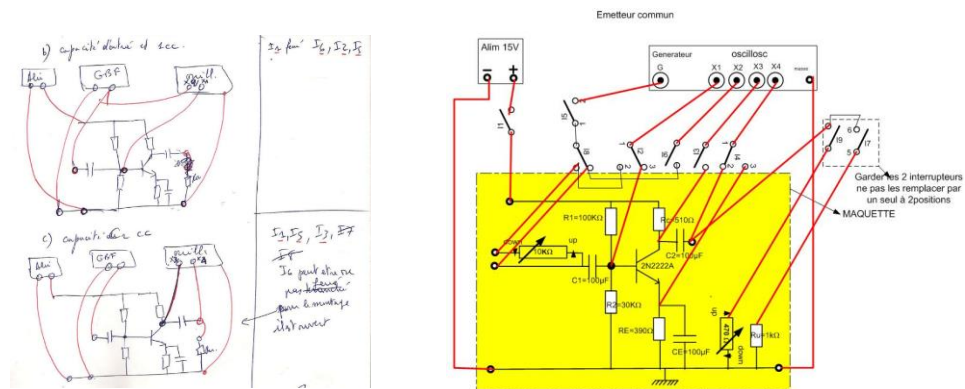


Figure 2 : Conception matérielle d'un TP

Les différentes manipulations sont remplacées par des switches contrôlables électroniquement [4].

#### 4.3.1. Choix du contrôleur

Lors de la conception, il y'a lieu de choisir le contrôleur. Différents type d'ordinateurs monocartes sont disponible à faible coût : PcDuino [5] ou le Raspberry PI [6] avec différentes variantes, [6].... Lorsque le choix est fait, le nombre de GPIO (General Purpose Input Output) ou entrées sorties à usage général disponibles sur le contrôleur limite le nombre de relais à utiliser et par suite les manipulations autorisées pour l'étudiant.

#### 4.3.2. La carte de configuration

La carte de configuration peut être conçue de manière générique de façon à pouvoir être utilisée quel que soit le TP [7-8]. La figure 3 montre deux types de carte à base de switches numériques et relais.

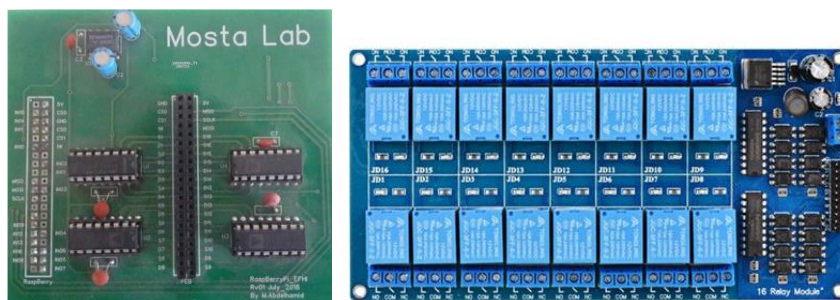


Figure 3: Carte de configuration à base switches numérique et commerciale à base de relais

#### 4.3.3. Les instruments de mesure

Il existe des équipements de mesure qui sont dotés d'une interface LAN qui peuvent être reliés au réseau Internet. Les équipements non doté de cette fonctionnalité doivent pouvoir être relié à un ordinateur par interface GPIB, RS232 ou USB.

#### 4.4. Conception logicielle

La mise en œuvre du laboratoire nécessite le développement d'une application client-serveur. La programmation du serveur est appelée back-end. Le développement de l'interface utilisateur appelée front-end.

#### **4.4.1. Développement du back-end**

Le développement de la partie back-end a lieu en étroite collaboration avec le concepteur matériel. Ils décident de la stratégie de communication entre l'utilisateur final, le contrôleur du laboratoire et les équipements. Une architecture basée sur les services peut être mise œuvre [9]. Les technologies et langages de programmation qui peuvent être utilisées sont Nodejs, AJAX, WebSocket, .... La conception peut être générique et réutilisable quel que soit le TP à gérer.

#### **4.4.2. Développement du front-end**

Le front-end consiste à développer l'interface graphique de l'utilisateur final ainsi que l'interaction en arrière-plan et les échanges de données avec le serveur. La conception est une concertation entre l'enseignant, le concepteur hardware et le développeur front-end ensuite l'interaction de ce dernier avec le développeur back-end.

Le développement peut se faire avec des outils libres (HTML-CSS-JavaScript) ou avec des outils propriétaires tel que LabVIEW [10].

L'utilisation d'outils libres réduit le coût d'investissement mais augmente le temps de développement. A l'inverse, l'utilisation d'outils propriétaires facilite le développement mais induit un coût supplémentaire non négligeable. Certains coûts sont également cachés telle que les licences des systèmes d'exploitation qu'elle engendre et les mises-à-jours.

### **5. Aspect organisationnel**

La gestion des accès est le dernier paramètre à prendre en compte. L'application peut être de type client-serveur autonome. Elle peut avoir la fonctionnalité d'interopérabilité dite LTI (Learning Tool Interoperability) [11] pour être couplée avec une plateforme d'enseignement à distance de type Moodle ou OpenEdx, l'accès au laboratoire ainsi que l'authentification est confié à la plateforme d'enseignement à distance.

L'accès peut également être contrôlé par des plateformes de gestion de laboratoires distants (RLMS : Remote Laboratory Management System) tel que : ILab [12], REMLABNET [13] ou WebLabDeusto [14].

Différentes stratégies d'accès peuvent être mise en œuvre : a) Réservation de créneaux horaires gérés par les RLMS ; b) File d'attente avec comme priorité au premier arrivé premier servis c) accès concurrents ou plusieurs accès simultanés sont autorisés.

### **6. Conclusion**

La conception et la mise en œuvre des travaux pratiques à distance est un processus complexe qui nécessite la collaboration d'une équipe aux compétences complémentaires. L'utilisation des outils propriétaires facilite et réduit le temps de développement mais induit un coût supplémentaire. Les outils libres en revanche nécessitent plus de développement mais réduisent le coût d'investissement. Cette complexité ne diminue pas l'intérêt des laboratoires distants. Le laboratoire accessible 24h/7j est moins coûteux qu'un laboratoire traditionnel puisque les équipements sont partagés. En outre, ils permettent d'envisager des scénarios pédagogiques innovants qui sont difficile à mettre en œuvre dans les laboratoires traditionnels.

### **REFERENCES**

- [1] DOMIN, Daniel S. A review of laboratory instruction styles. *Journal of chemical education*, 1999, vol. 76, no 4, p. 543. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- [2] KOLB, David A. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- [3] M. MOUSSA, A. BENACHENHOU, A. ADDA-BENATTIA and A. BOUMEHDI, "A New Design and Evaluation for Sharing Analog Electronic Labs," *2021 International e-Engineering Education Services Conference (e-Engineering)*, 2021, pp. 111-114, doi: 10.1109/e-Engineering47629.2021.9470759.
- [4] Farah, S., Benachenhou, A., Neveux, G., & Barataud, D. (2012). Design of a Flexible Hardware Interface for Multiple Remote Electronic Practical Experiments of Virtual Laboratory. *International Journal of Online Engineering*, 8.
- [5] <https://www.gotronic.fr/art-carte-pcduino-4-nano-25453.htm>
- [6] <https://www.raspberrypi.com/products/>
- [7] FARAH, S., BENACHENHOU, A., NEVEUX, G., *et al.* Multi-User And Real-Time Flexible Remote Laboratory Architecture for Collaborative and Cooperative Pedagogical Scenarios. *International Journal of Online Engineering*, 2016, vol. 12, no 4.
- [8] Benattia, A. A., Moussa, M., Benachenhou, A., & Mebrouka, A. (2019). Design of a Low Cost Switching Board Enabling a Reconfigurable Remote Experiment. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 15(12).
- [9] Moussa, M., Benachenhou, A., Belghit, S., Benattia, A. A., & Boumeihdi, A. (2020, February). An Implementation of Microservices Based Architecture for Remote Laboratories. In *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 154-161). Springer, Cham.
- [10] <https://www.ni.com/fr-fr/shop/labview.html>
- [11] <https://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability>
- [12] V. J. Harward *et al.*, "The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 96, no. 6, pp. 931-950, June 2008, doi: 10.1109/JPROC.2008.921607.
- [13] F. Schauer *et al.*, "REMLABNET III — Federated remote laboratory management system for university and secondary schools," *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 2016, pp. 238-241, doi: 10.1109/REV.2016.7444471.

ORDUÑA, Pablo, GARCIA-ZUBIA, Javier, RODRIGUEZ-GIL, Luis, *et al.* The WebLab-Deusto Remote Laboratory Management System Architecture: Achieving Scalability, Interoperability, and Federation of Remote Experimentation. In : *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education*. Springer, Cham, 2018. p. 17-42.