



HAL
open science

Critères d'évaluation et analyse des laboratoires en ligne collaboratifs

Maéva Kurtz

► **To cite this version:**

Maéva Kurtz. Critères d'évaluation et analyse des laboratoires en ligne collaboratifs. 10èmes Rencontres Jeunes Chercheuses et Chercheurs en EIAH (RJC-EIAH 2024), ATIEF (Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation), Jun 2024, Laval, France. pp.180-193. hal-04682624

HAL Id: hal-04682624

<https://hal.science/hal-04682624v1>

Submitted on 30 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Critères d'évaluation et analyse des laboratoires en ligne collaboratifs

Maéva Kurtz, 1^{re} année de thèse

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Université Toulouse III, France
`maeva.kurtz@irit.fr`

Résumé Dans les universités, les travaux pratiques qui se déroulent dans un laboratoire virtuel ou distant permettent de gagner en flexibilité et en indépendance, contrairement aux travaux pratiques traditionnels qui se déroulent en présentiel. Les laboratoires virtuels et distants manquent en revanche de fonctionnalités pour favoriser une collaboration efficace entre les utilisateurs. Pourtant, le travail en équipe et la collaboration sont des aspects importants des travaux pratiques traditionnels. L'objectif de la thèse est donc d'étudier, puis d'améliorer les laboratoires en ligne existants en coordonnant efficacement les activités de collaboration entre apprenants. Dans cet article, nous établissons tout d'abord des critères d'évaluation des laboratoires en ligne, avant d'étudier quelques laboratoires en ligne existants à partir de ces critères. Puis, nous présentons des perspectives d'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Enfin, nous présentons des travaux futurs de conception et d'évaluation d'un laboratoire virtuel qui respecte les critères établis et pilote les activités de collaboration entre utilisateurs.

Keywords: EIAH, apprentissage collaboratif, laboratoires en ligne, orchestration et évaluation de la collaboration

1 Introduction

Les travaux pratiques (TP) gagnent en importance dans les cursus universitaires. En effet, les TP présentent de nombreux avantages : ils permettent notamment d'acquérir des compétences essentielles dans les disciplines scientifiques et d'ingénierie [6] et de développer l'esprit d'équipe [30]. Pourtant, leur mise en œuvre peut être coûteuse et manquer d'efficacité, par exemple à cause de l'achat de matériel de laboratoire trop peu utilisé [5]. Une solution pour remédier à cela est de se tourner vers des laboratoires en ligne. Govaerts et al. [13] définissent les laboratoires en ligne comme des "remote laboratories, virtual experiments or data sets accessible from the browser through apps". En particulier, les laboratoires en ligne qui permettent la manipulation de ressources virtuelles sont des laboratoires virtuels, tandis que les laboratoires en ligne qui permettent la manipulation à distance d'un équipement réel sont des laboratoires distants. Les laboratoires en ligne présentent l'avantage de permettre aux utilisateurs de gagner en flexibilité et en indépendance ; en effet, ils peuvent utiliser le matériel à

toute heure de la journée [27]. Leur coût de maintenance est également moins élevé [19].

D'un point de vue pédagogique, il est important de favoriser une collaboration et un apprentissage collaboratif efficaces dans les laboratoires virtuels. Roschelle & Teasley [28] définissent la collaboration comme "a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem". Une définition communément acceptée de l'apprentissage collaboratif est une "situation in which two or more people learn or attempt to learn something together" [10]. Nous pouvons donc retenir qu'un environnement d'apprentissage collaboratif efficace doit permettre une bonne coordination entre les utilisateurs ainsi qu'une vision commune du problème à résoudre.

Même si le développement de compétences d'apprentissage collaboratif a été cité parmi les objectifs importants des laboratoires de physique dans l'éducation par l'American Association of Physics Teachers en 1997 [6], Lowe et al. [17] ont montré que les étudiants sont moins encouragés à interagir les uns avec les autres lorsqu'ils réalisent des projets dans des laboratoires distants en comparaison avec des laboratoires traditionnels. Pourtant, de nombreuses études montrent que l'apprentissage est plus efficace en situation de collaboration [19,6]. Enfin, il a été montré qu'un des facteurs de succès des travaux à distance est un lien fort entre les membres du groupe [23]. Par conséquent, nous adressons les questions de recherche suivantes : comment analyser les laboratoires en ligne existants en termes de collaboration ? Comment améliorer les laboratoires en ligne existants en concevant et en coordonnant efficacement les activités de collaboration entre apprenants ?

Dans cet article, nous étudions plus particulièrement la collaboration synchrone. Nous proposons tout d'abord un état de l'art des laboratoires en ligne pour l'apprentissage pratique. Nous orientons l'analyse de ces derniers vers leur apport en termes d'apprentissage collaboratif et de collaboration efficaces, c'est-à-dire en termes de favorisation d'une coordination satisfaisante entre les utilisateurs pour réaliser les travaux pratiques et en termes de soutien d'une vision commune du problème à résoudre. Puis, nous présentons des perspectives d'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Enfin, nous présentons les grandes lignes d'une étude visant à concevoir un environnement virtuel collaboratif d'apprentissage pratique à distance qui coordonne la collaboration entre apprenants.

2 La collaboration dans les laboratoires en ligne

2.1 Critères d'évaluation des laboratoires en ligne

Afin d'analyser les laboratoires en ligne actuels en termes d'apprentissage collaboratif, il est utile d'identifier les mécanismes cognitifs et sociaux qui produisent une collaboration efficace entre individus. Par la suite, nous pourrons proposer des critères techniques associés à une facilitation de l'émergence de ces

processus. Ainsi, la satisfaction d'un ou de plusieurs de ces critères par les laboratoires en ligne étudiés nous permettra d'évaluer leur apport en termes de collaboration et d'apprentissage collaboratif.

Pour rappel, nous nous appuyons sur la définition de la collaboration de Roschelle & Teasley [28]; nous considérons donc qu'une collaboration efficace correspond à une coordination satisfaisante entre les membres d'un groupe qui partagent une vision commune du problème à résoudre. Quelques processus sociocognitifs ont été identifiés dans la littérature comme étant des facteurs de collaboration efficace; par exemple, Olson & Olson [23] ont défini la base commune (*common ground*) comme étant les connaissances, le contexte que nous avons en commun avec les personnes avec lesquelles nous interagissons et que nous savons qui sont en commun. Cela inclut la connaissance de l'état mental de la personne en face. Afin de collaborer efficacement, les personnes doivent établir et respecter cette base commune. Ce processus est cependant plus difficile à réaliser lorsque les agents sont à distance les uns des autres [23]. Une collaboration réussie entre des individus repose également sur un bon équilibre entre convergence et divergence d'opinions [11]. La convergence des connaissances (*knowledge convergence*) est une notion importante dans l'apprentissage collaboratif et correspond à l'influence que l'activité d'un partenaire a sur les autres et qui finit par avoir une influence sur elle-même. Cette réciprocité peut ainsi avoir pour conséquence de créer des réponses cognitives similaires au sein du groupe [11].

Nous proposons de définir la présence d'outils de communication et celle d'outils de partage comme critères pour une collaboration efficace dans les laboratoires en ligne. Le partage peut inclure le partage de documents, d'écran, de ressource virtuelle ou de tout autre type de données. En effet, nous supposons que ce type d'outils encourage l'établissement de la base commune et un bon équilibre entre convergence et divergence d'opinions, car il donne l'opportunité aux utilisateurs d'exposer leur vision du problème, leurs connaissances et leurs ressources. En revanche, il n'est pas garanti que ce type d'outils soit utilisé d'une manière qui maximise l'efficacité de la collaboration entre les utilisateurs. Il est donc nécessaire d'identifier d'autres critères allant dans ce sens.

Schnaubert & Vogel [29] ont également intégré trois concepts psychologiques importants pour la collaboration :

- Les scripts de collaboration, qui correspondent à des plans mentaux des interactions entre les membres d'un groupe ;
- La notion de conscience de groupe (*group awareness*), qui renvoie à la conscience de la dynamique et des caractéristiques du groupe. Elle est utile pour travailler et interagir avec les personnes appropriées ;
- L'auto-régulation (*self-regulation*), qui peut être définie comme une forme de métacognition, d'évaluation et d'adaptation personnelle de son propre processus d'apprentissage.

D'après Schnaubert & Vogel [29], ces trois concepts sont des pré-requis psychologiques que les membres d'un groupe doivent avoir pour réussir leur apprentissage collaboratif. Nous pouvons relier ces concepts à la notion de base

commune précédemment évoquée : en effet, nous supposons que partager des connaissances sur les interactions, la dynamique, les caractéristiques du groupe favorise l'établissement de la base commune.

Par ailleurs, les scripts de collaboration de Schnaubert & Vogel [29] peuvent être guidés par l'implémentation de scripts externes computationnels dans les environnements virtuels. Ces scripts computationnels peuvent par exemple indiquer les actions à réaliser et les rôles des utilisateurs pour une tâche donnée [18,26]. Ainsi, ils aident les personnes qui ont des difficultés à concevoir leur script mental [29]. Les scripts de collaboration externes peuvent également cibler la compétence d'auto-régulation de l'apprenant [29].

De manière générale, nous pouvons définir l'apport d'outils de guidage comme troisième critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Nous les définissons comme des outils qui favorisent l'établissement de scripts de collaboration cognitifs en suggérant des rôles, des instructions ou d'autres actions régulatrices. Ce type d'outils permet ainsi une coordination efficace entre les étudiants pour la réalisation des TP. Le système de guidage peut par exemple prendre la forme d'un script computationnel, bien que cela ne soit pas la seule forme possible.

Enfin, nous nous appuyons sur le concept de conscience de groupe de Schnaubert & Vogel [29] pour définir la présence d'outils favorisant la conscience de groupe comme quatrième critère d'évaluation des laboratoires en ligne.

2.2 Analyse des laboratoires en ligne selon les critères

Méthodologie Les articles analysés ont été récupérés sur Google Scholar à l'aide de différentes requêtes et la revue n'est pas exhaustive. Nous envisageons, comme travaux futurs, de réaliser une revue systématique de la collaboration dans les laboratoires en ligne.

Dans cet article, nous allons étudier les laboratoires en ligne en concentrant notre analyse sur leur apport en termes de collaboration. Pour cela, nous avons choisi de nous limiter aux quatre critères mentionnés dans la section précédente :

- La présence d'outils de communication ;
- La présence d'outils de partage de données ;
- La présence d'outils de guidage ;
- La présence d'outils de conscience de groupe.

Il est à noter que les laboratoires en ligne utilisant un outil supplémentaire tel que Zoom ou Moodle pour la communication ont également été considérés.

Outils de communication et de partage de données

Environnements avec outils de communication Afin de faciliter le travail en groupe des utilisateurs dans les laboratoires en ligne collaboratifs, des outils de communication ont été mis en place. Par exemple, NetLab, un laboratoire en ligne distant développé par des chercheurs de l'Université d'Australie du Sud, dispose d'un chat [19]. WiMVT [32], un environnement d'apprentissage des sciences du Learning Sciences Laboratory, National Institute of Education à Singapour,

présente également un chat favorisant la communication entre les apprenants ; par ailleurs, l'enseignant peut donner des feedbacks sur le travail des apprenants grâce à un espace de commentaires. Le projet Go-Lab [13,14] dispose aussi d'outils de communication. De la même manière, l'environnement d'apprentissage des sciences SCY-Lab [8] présente un chat. Nous pouvons également mentionner la plateforme numérique LabNbook qui dispose d'un support aux échanges [9]. Le projet Erasmus + CORELA comporte un outil de communication via une plateforme Moodle [15]. Enfin, le système SCEPPSys [33] possède un chat intégré dans l'application.

Environnements avec outils de communication indéfinis WebLab-Deusto de l'Université de Deusto [12] mentionne une communication entre ordinateurs, bien que nous n'ayons pas identifié d'outil de communication prenant la forme de messages textuels ou vocaux entre utilisateurs.

Environnements avec outils de partage de données Des outils de partage de données ont également été mis en place dans la plupart des environnements. Par exemple, NetLab permet un contrôle partagé de l'expérience [19]. WiMVT [32], LabNbook [9] et SCEPPSys [33] présentent un espace de travail partagé. Enfin, SCY-Lab [8] possède un espace permettant la création, le partage, la visualisation et la modification d'objets.

La mise en place d'outils de communication et de partage de données dans ces environnements aide les utilisateurs à collaborer entre eux. En effet, cela leur permet d'avoir une vision commune du problème et des ressources disponibles. En revanche, comme nous l'avons souligné dans la section précédente, cela n'est pas suffisant car ce type d'outils ne garantit pas une coordination efficace entre les apprenants. Nous allons donc maintenant étudier les laboratoires en ligne en nous concentrant sur la présence d'outils de guidage.

Outils de guidage

Environnements sans guidage Nous n'avons pas identifié d'outil de guidage dans WebLab-Deusto [12] et NetLab [19]. La manipulation des ressources virtuelles ou distantes à plusieurs n'est pas encadrée et par conséquent, il n'est pas garanti que les activités de collaboration soient coordonnées efficacement. De même, le projet de laboratoire distant collaboratif pour l'apprentissage de l'électronique Erasmus + CORELA [15] ne semble pas comporter de méthode spécifique pour piloter la collaboration.

Environnements avec un guidage sur la tâche Certains laboratoires disposent d'un système de guidage sur les tâches à réaliser. Par exemple, le processus d'apprentissage est encadré grâce à une vue sur les différentes étapes de la démarche scientifique au sein de WiMVT [32] (voir Figure 1). Le projet Go-Lab [13,14] aide également ses utilisateurs à suivre une démarche scientifique, et ce grâce à

des indications fournies par le système et dédiées à chaque étape du processus d'apprentissage actif. De la même manière, SCY-Lab [8] présente un outil pour planifier le travail et suivre le progrès des missions. Par ailleurs, LabNbook [9] permet à l'enseignant de diviser et de séquencer les différentes missions de ses TP afin de structurer le travail des élèves. Enfin, le système SCEPPSys [33] permet également à l'enseignant de définir les tâches à accomplir pendant les TP et leur séquençement pour guider les apprenants. Il est en revanche à noter que le guidage ne se fait pas au niveau individuel mais à celui du groupe dans ces exemples ; il y a donc un guidage sur les tâches à réaliser, mais pas nécessairement sur la répartition de ces dernières entre les apprenants. Par conséquent, le guidage sur la tâche n'est pas dédié à la coordination des activités de collaboration entre apprenants.

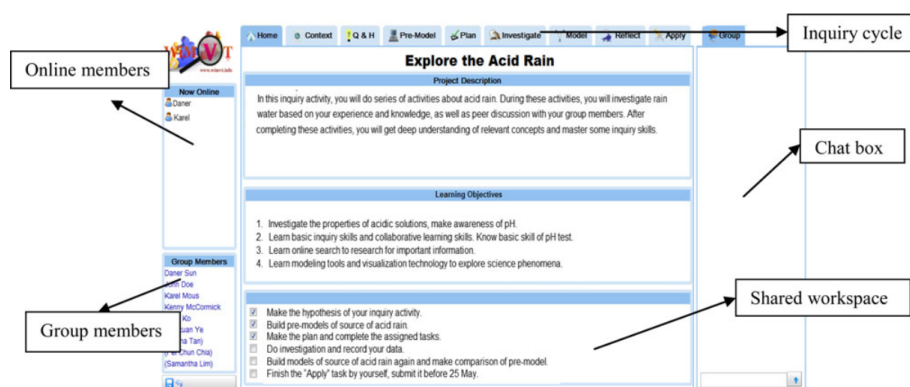


Figure 1. Interface de WiMVT intégrant une vue sur les différentes étapes de la démarche scientifique [32]

Environnements avec un guidage sur la collaboration Enfin, il existe des laboratoires qui intègrent des outils de guidage de la collaboration. Par exemple, le système SCEPPSys [33] dispose non seulement d'un outil de guidage sur la tâche, mais aussi d'un outil de guidage des étudiants sous la forme de scripts de collaboration computationnels. Ainsi, les apprenants disposent chacun d'un rôle et de tâches allouées à leur rôle, cela permettant de les guider sur la collaboration.

Outils de conscience de groupe

Environnements avec outils de conscience de groupe limités Les outils de conscience de groupe de WebLab-Deusto [12], d'Erasmus + CORELA [15] et de Go-Lab [13,14] sont limités.

Environnements avec outils de conscience de groupe Des notifications sont émises dès lors qu'un étudiant effectue une modification dans NetLab [19], ce qui permet de rendre visibles les actions des pairs et favorise ainsi la conscience de groupe. Une liste des membres en ligne est visible au sein de WiMVT [32], ce qui permet aux utilisateurs d'avoir conscience de la présence des pairs. Enfin, SCY-Lab dispose d'un "awareness service that gives an overview of the presence and activities of peer students" [8], et donc d'un outil de conscience de groupe.

Tableau récapitulatif Pour résumer, nous pouvons souligner l'intégration d'outils de communication et de partage de données au sein des laboratoires en ligne collaboratifs étudiés. Ces outils peuvent favoriser une transmission des connaissances et une représentation mentale partagée du problème à résoudre. Quelques laboratoires en ligne intègrent également des outils de conscience de groupe. Cependant, un manque de pilotage explicite de la collaboration entre apprenants au sein des laboratoires est à souligner. En effet, les laboratoires en ligne cités n'étudient que trop peu la manière dont les ressources peuvent être manipulées par un groupe d'étudiants ; à notre connaissance, un seul environnement virtuel fait mention d'un outil de guidage de la collaboration sous la forme de scripts. En revanche, il est à noter que l'état de l'art réalisé dans ce papier n'est pas exhaustif et que les laboratoires cités sont susceptibles d'avoir évolué.

Le tableau suivant est un récapitulatif des différents laboratoires en ligne étudiés dans cette section.

Table 1. Laboratoires en ligne étudiés et leurs fonctionnalités pour la collaboration

Laboratoire en ligne	Outils de communication	Outils de partage de données	Guidage	Conscience de groupe
NetLab [19]	Oui	Oui (contrôle partagé)	Non	Oui (actions)
WebLab-Deusto [12]	?	?	Non	Non
Erasmus + CORELA [15]	Oui	?	Non	Non
WiMVT [32]	Oui	Oui (espace de travail partagé)	Non	Oui (présence)
Go-Lab [13,14]	Oui	?	Non	Non
SCY-Lab [8]	Oui	Oui (partage d'objets virtuels)	Non	Oui (actions)
SCEPPSys [33]	Oui	Oui (espace de travail partagé)	Oui (script)	?

3 Perspectives : Nouveau critère d'évaluation et conception d'un laboratoire virtuel collaboratif

3.1 Nouveau critère d'évaluation

Mesure de la collaboration Lors de la conception d'un environnement virtuel collaboratif, il est important de mesurer la qualité de la collaboration entre les utilisateurs afin d'obtenir des indications sur son efficacité. Pour cela, des données comportementales peuvent être collectées. Parmi les données analysées dans la littérature pour évaluer la collaboration, nous pouvons citer l'audio, la vidéo, la position du corps, ou encore la répartition du temps de parole [4]. Cependant,

malgré quelques études sur la collecte et l'analyse de données lors d'activités collaboratives, il est à noter le manque d'études intégrant de l'analyse de données dans les laboratoires virtuels collaboratifs [3].

Des données cérébrales peuvent également être collectées pour évaluer la qualité de la collaboration entre pairs. Intégrer des neurosciences au domaine des EIAH présente un réel intérêt, que cela soit pour l'amélioration des outils pour l'enseignement ou pour mieux comprendre des processus neurocognitifs [24]. L'hyperscanning consiste à étudier la synchronisation de signaux cérébraux entre personnes qui collaborent. Plusieurs études ont ainsi montré qu'une forte corrélation entre les ondes cérébrales de plusieurs personnes au sein du cortex préfrontal, du cortex préfrontal médian (mPFC) et du carrefour temporo-pariétal, était associée à une activité de collaboration [7,22,2,34,16]. Ces régions cérébrales font parties intégrantes de systèmes mentaux importants dans la cognition sociale : le système des neurones miroirs et le système de mentalisation. Les neurones miroirs et le système de mentalisation sont notamment impliqués dans la compréhension des objectifs et des intentions de l'autre [31].

Les études associant enseignement et neurosciences sont réalisées en laboratoire, mais également en conditions écologiques dans des salles de classe. Nozawa et al. [22] ont enregistré les ondes cérébrales de deux groupes de 3 à 4 étudiants pendant une tâche d'apprentissage collaboratif dans une salle de classe grâce à des bonnets de spectroscopie proche infra-rouge fonctionnelle (fNIRS). Ils ont ainsi montré que la synchronisation des ondes cérébrales dans le mPFC est plus forte entre individus d'un même groupe qu'entre individus de groupes différents lors de l'activité collaborative [22]. Il est cependant important de préciser que les études sur l'hyperscanning en neurosciences sociales sont récentes. Davantage d'études sont donc nécessaires avant de conclure définitivement sur ce phénomène.

Enfin, le domaine de l'analyse de l'apprentissage multimodale (*Multimodal Learning Analytics*) combine différents types de données afin d'évaluer la qualité de la collaboration [4]. Ces données peuvent être de nature comportementale ou physiologique. Par exemple, Andersen & Rustad [1] ont exploité des données conversationnelles pour en déduire des graphes d'interaction entre individus, cela permettant d'évaluer la qualité de la collaboration lors de l'utilisation de Minecraft Education. Ces analyses ont été combinées à une analyse qualitative à partir d'enregistrements vidéo des individus pendant l'activité de collaboration.

Mesure de la collaboration comme critère d'évaluation Nous pensons intégrer un nouveau critère pour l'évaluation des laboratoires en ligne. Ce critère concernera la présence d'une étude mesurant la qualité de la collaboration lors de l'utilisation du laboratoire par les apprenants, ainsi que le type de données collectées le cas échéant. Parmi les manières possibles de mesurer la qualité de la collaboration, nous pouvons citer la collecte et l'analyse de données comportementales, de données cérébrales et l'analyse de l'apprentissage multimodale comme observé précédemment.

Ce nouveau critère sera utilisé, tout comme les précédents, pour l'analyse des laboratoires en ligne existants dans le cadre d'une revue systématique de la littérature.

3.2 Prise en compte des critères pour la conception d'un laboratoire virtuel collaboratif

Nous avons pour objectif de compléter notre analyse des laboratoires en ligne par la conception d'un laboratoire virtuel collaboratif respectant les critères que nous avons établi. Nous allons nous concentrer sur le cas d'un travail en binôme. Par ailleurs, nous nous appuyerons sur des simulations fournies par PhET [25] pour notre projet. PhET est un répertoire de simulations open-source dans le domaine des sciences qui peuvent servir de supports pour des cours et des TP.

L'espace de travail comportera une simulation fournie par PhET ainsi qu'un espace de consignes et de compte-rendu. Il sera partagé, tous les utilisateurs pourront donc visualiser le rapport et la simulation en temps réel. La Figure 2 illustre le laboratoire virtuel que nous envisageons d'implémenter.

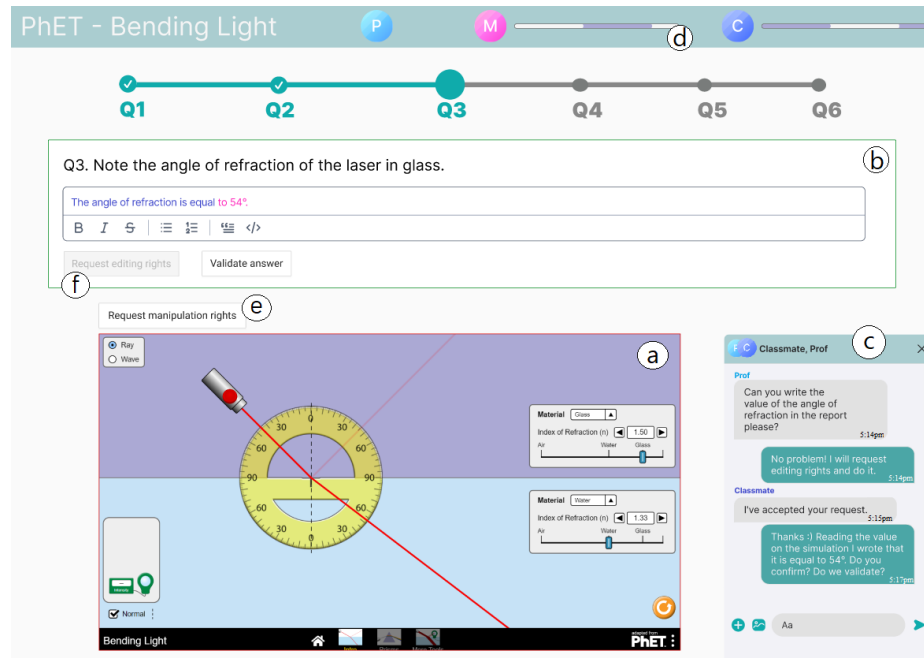


Figure 2. Maquette du laboratoire virtuel. (a) Simulation. (b) Rapport. (c) Chat. (d) Barre de répartition des rôles. (e) Bouton de demande de droits de manipulation. (f) Bouton de demande de droits d'édition.

La mise en place d'un canal de communication sous la forme d'un chat textuel sera également envisagée. Par ailleurs, nous pensons intégrer un outil de guidage de la collaboration en reprenant et adaptant la technique Stepladder de Michinov et al. [21] dans le laboratoire virtuel que nous allons concevoir. Cette technique repose sur trois étapes pouvant être répétées autant de fois qu'il y a de membres au sein d'un groupe :

- Tout d'abord, tout le monde réfléchit à propos du problème pour y apporter des solutions ;
- Puis, deux personnes se réunissent afin de discuter ensemble de leurs idées ;
- Par la suite, une nouvelle personne est intégrée au groupe et expose seule ses idées avant d'entamer une discussion avec les autres.

Lors de l'exposition de ses idées, la nouvelle personne ne doit pas être interrompue, elle est la seule à pouvoir s'exprimer.

Cette méthode présente l'avantage de donner l'opportunité à tous les membres de l'équipe de communiquer et d'agir. Afin de transposer la technique Stepladder à un laboratoire virtuel, nous pensons concevoir un système de guidage basé sur des blocages d'actions. Certaines tâches seront ainsi spécifiquement bloquées pendant la session de travaux pratiques afin que seul un apprenant puisse les réaliser. Tous les membres auront alors l'opportunité de réaliser des actions au cours des TP, de la même manière que tous les membres ont l'opportunité d'exprimer leurs idées avec la technique Stepladder.

Le guidage par blocages d'actions sera symbolisé par des rôles et des couleurs (voir Figure 2). Par exemple, seul un membre du binôme pourra rédiger le compte-rendu (rôle de théoricien), tandis que l'autre membre pourra uniquement manipuler la simulation (rôle de manipulateur). Les parties de l'application que l'utilisateur pourra modifier seront encadrées en vert, tandis que celles pour lesquelles il ne pourra rien faire seront encadrées en rouge, comme illustré sur la Figure 2. L'enseignant aura le choix de la modalité de changement de rôle par les apprenants : de manière automatique, par un guidage manuel de l'enseignant ou par les étudiants eux-mêmes.

Un outil favorisant la conscience de groupe sera également implémenté sous la forme d'une barre de répartition des rôles pour chaque apprenant. Elle affichera la proportion des rôles pris par les apprenant au cours de la session de travaux pratiques (voir Figure 2).

Enfin, nous évaluerons le système en conditions écologiques avec des étudiants et des enseignants au sein de différents départements d'IUT, ainsi qu'en laboratoire. Nous envisageons de récolter et d'analyser des données issues de questionnaires, d'interactions des utilisateurs avec l'environnement virtuel dans des conditions écologiques, ainsi que des données cérébrales grâce au port de bonnets fNIRS ou EEG dans le laboratoire. Nous pourrions notamment adapter le questionnaire sur les rôles de Belbin et demander aux membres du groupe d'évaluer la qualité du travail d'équipe et la performance perçue du groupe, en nous inspirant de Meslec & Curşeu [20]. Nous comparerons l'environnement virtuel avec et sans ajout d'outils de pilotage de la collaboration. Ces expériences

viseront à déterminer si les outils de pilotage de la collaboration que nous aurons implémentés ont un impact positif sur la qualité de la collaboration entre les différents utilisateurs.

4 Conclusion

Notre objectif est d'analyser les laboratoires en ligne existants en termes de collaboration pour ensuite envisager la conception d'un nouveau laboratoire amélioré. Pour ce faire, nous avons analysé les laboratoires selon des critères d'outils de communication, de partage de données, de guidage et de conscience de groupe. Bien que les laboratoires en ligne se soient fortement développés ces dernières années, il est à noter que ces derniers manquent généralement de fonctionnalités pour guider la collaboration entre apprenants. Nous avons par la suite proposé l'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne pour nos futures analyses. Ce critère est la mesure de la qualité de la collaboration dans les laboratoires en ligne, cela permettant d'obtenir des indications sur leur efficacité. Enfin, nous avons présenté des perspectives de conception d'un laboratoire virtuel collaboratif d'apprentissage pratique à distance qui respecte les critères d'évaluation précédemment établis et qui a ainsi pour objectif de coordonner la collaboration entre les étudiants. Nous évaluerons la qualité de la collaboration dans l'environnement virtuel conçu en conditions écologiques ainsi qu'en laboratoire. Nous collecterons et analyserons des données comportementales, physiologiques et issues de questionnaires. L'analyse des données récoltées nous donnera ainsi des indications sur l'efficacité de la collaboration au sein du laboratoire en ligne développé.

Références

1. Andersen, R., Rustad, M. : Using minecraft as an educational tool for supporting collaboration as a 21st century skill. *Computers and Education Open* **3**, 100094 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100094>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666557322000222>
2. Babiloni, F., Astolfi, L. : Social neuroscience and hyperscanning techniques : Past, present and future. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* **44**, 76–93 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.07.006>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763412001194>, applied Neuroscience : Models, methods, theories, reviews. A Society of Applied Neuroscience (SAN) special issue.
3. Birkeland, H., Khalil, M., Wasson, B. : Understanding Collaboration in Virtual Labs : A Learning Analytics Framework Development, pp. 192–203 (03 2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-26876-2_18
4. Chejara, P., Prieto, L.P., Rodríguez-Triana, M.J., Ruiz-Calleja, A., Kasepalu, R., Chounta, I.A., Schneider, B. : Exploring indicators for collaboration quality and

- its dimensions in classroom settings using multimodal learning analytics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-42682-7_5, https://doi.org/10.1007/978-3-031-42682-7_5
5. Christian, M., Michael, N. : Lab2go – a repository to locate online laboratories. *International Journal of Online Engineering* **6** (02 2010). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v6i1.1117>
 6. Corter, J.E., Esche, S.K., Chassapis, C., Ma, J., Nickerson, J.V. : Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education* **57**(3), 2054–2067 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013151100090X>
 7. Czeszumski, A., Liang, S.H.Y., Dikker, S., König, P., Lee, C.P., Koole, S.L., Kelsen, B. : Cooperative behavior evokes interbrain synchrony in the prefrontal and temporoparietal cortex : A systematic review and meta-analysis of fNIRS hyperscanning studies. *eNeuro* **9**(2) (2022). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0268-21.2022>, <https://www.eneuro.org/content/9/2/ENEURO.0268-21.2022>
 8. De Jong, T., Van Joolingen, W.R., Giemza, A., Girault, I., Hoppe, U., Kindermann, J., Kluge, A., Lazonder, A.W., Vold, V., Weinberger, A., Weinbrenner, S., Wichmann, A., Anjewierden, A., Bodin, M., Bollen, L., D’Ham, C., Dolonen, J., Engler, J., Geraedts, C., Grosskreutz, H., Hovardas, T., Julien, R., Lechner, J., Ludvigsen, S., Matteman, Y., Meistadt, , Næss, B., Ney, M., Pedaste, M., Perritano, A., Rinket, M., Von Schlanbusch, H., Sarapuu, T., Schulz, F., Sikken, J., Slotta, J., Toussaint, J., Verkade, A., Wajeman, C., Wasson, B., Zacharia, Z.C., Van Der Zanden, M. : Learning by creating and exchanging objects : The scy experience. *British Journal of Educational Technology* **41**(6), 909–921 (2010). <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x>, <https://berajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x>
 9. d’Ham, C., Claire, W., Girault, I., Marzin, P. : Labnbook, plateforme numérique support des pédagogies actives et collaboratives en sciences expérimentales (06 2019)
 10. Dillenbourg, P. : Chapter 1 (introduction) what do you mean by ‘collaborative learning’? *Collaborative-learning : Cognitive and Computational Approaches* **Vol. 1** (01 1999)
 11. Fischer, F., Mandl, H. : Knowledge convergence in computer-supported collaborative learning : The role of external representation tools. *Journal of the Learning Sciences* **14** (07 2005). <https://doi.org/10.1207/s15327809jls1403.3>
 12. Garcia-Zubia, J., López-de Ipiña, D., Orduña, P., Hernandez, U. : Experience with weblab-deusto. pp. 3190 – 3195 (08 2006). <https://doi.org/10.1109/ISIE.2006.296127>
 13. Govaerts, S., Cao, Y., Vozniuk, A., Holzer, A., Zutin, D., San, E., Ruiz, C., Bollen, L., Manske, S., Faltin, N., Salzmann, C., Tsourlidaki, E., Gillet, D. : Towards an online lab portal for inquiry-based stem learning at school. vol. 8167 (10 2013). https://doi.org/10.1007/978-3-642-41175-5_25
 14. Jong, t., Sotiriou, S., Gillet, D. : Innovations in stem education : The go-lab federation of online labs. *smart learning environments* **1** (10 2014). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>

15. Kokolanski, Z., Bodan, V., Tomislav, , Dimčev, V., Taškovski, D. : Collaborative learning platform with integrated remote laboratory environment in vocational education. *Journal of Electrical Engineering and Information Technologies* **6**, no 2 p. 117-23 (2021). <https://doi.org/10.51466/JEEIT2162190117k>
16. Li, L., Gow, A., Zhou, J. : The role of positive emotions in education : A neuroscience perspective. *Mind, Brain, and Education* **14** (05 2020). <https://doi.org/10.1111/mbe.12244>
17. Lowe, D., Newcombe, P., Stumpers, B. : Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education* **43** (06 2012). <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9304-3>
18. Ludvigsen, S., Mørch, A. : Computer-supported collaborative learning : Basic concepts, multiple perspectives, and emerging trends. *International Encyclopedia of Education* (01 2010). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00493-0>
19. Hernández de Menéndez, M., Jr, A., Morales-Menendez, R. : Virtual reality laboratories : a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* **13** (09 2019). <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
20. Meslec, N., Curșeu, P.L. : Are balanced groups better? belbin roles in collaborative learning groups. *Learning and Individual Differences* **39**, 81–88 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.03.020>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1041608015000783>
21. Michinov, N., Morice, J., Ferrières, V. : A step further in peer instruction : Using the stepladder technique to improve learning. *Computers & Education* **90**, 1–13 (01 2015). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.007>
22. Nozawa, T., Kondo, M., Yamamoto, R., Jeong, H., Ikeda, S., Sakaki, K., Miyake, Y., Ishikawa, Y., Kawashima, R. : Prefrontal inter-brain synchronization reflects convergence and divergence of flow dynamics in collaborative learning : A pilot study. *Frontiers in Neuroergonomics* **2** (2021). <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2021.686596>, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnrgo.2021.686596>
23. Olson, G.M., Olson, J.S. : Distance matters. *Human-Computer Interaction* **15**(2-3), 139–178 (2000). https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1523_4
24. Ott, M., De Smedt, B., Howard-Jones, P., Leeuwen, T. : The potential relevance of cognitive neuroscience for the development and use of technology-enhanced learning. *Learning, Media and Technology* **40** (05 2014). <https://doi.org/10.1080/17439884.2014.919321>
25. Simulation by PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, I.u.C.B.. : <https://phet.colorado.edu>, [last accessed 2023/12/01]
26. Popov, V., Biemans, H.J., Fortuin, K.P., van Vliet, A.J., Erkens, G., Mulder, M., Jaspers, J., Li, Y. : Effects of an interculturally enriched collaboration script on student attitudes, behavior, and learning performance in a cscl environment. *Learning, Culture and Social Interaction* **21**, 100–123 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.02.004>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210656118302204>
27. Richter, T., Boehringer, D., Jeschke, S. : LiLa : A European Project on Networked Experiments, pp. 307–317 (12 2011). https://doi.org/10.1007/978-3-642-16208-4_27

28. Roschelle, J., Teasley, S. : The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. *Computer Supported Collaborative Learning* (01 1995). https://doi.org/10.1007/978-3-642-85098-1_5
29. Schnaubert, L., Vogel, F. : Integrating collaboration scripts, group awareness, and self-regulation in computer-supported collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* **17** (03 2022). <https://doi.org/10.1007/s11412-022-09367-9>
30. Singer, S., Hilton, M., Schweingruber, H., Education, D., Council, N. : America's lab report : Investigations in High School Science (12 2005). <https://doi.org/10.17226/11311>
31. Sperduti, M., Guionnet, S., Fossati, P., Nadel, J. : Mirror neuron system and mentalizing system connect during online social interaction. *Cognitive processing* **15** (01 2014). <https://doi.org/10.1007/s10339-014-0600-x>
32. Sun, D., Looi, C.K. : Designing a web-based science learning environment for model-based collaborative inquiry. *Journal of Science Education and Technology* **22**, 73–89 (01 2013)
33. Tsompanoudi, D., Satratzemi, M. : A web-based authoring tool for scripting distributed pair programming (07 2014). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.81>
34. Zhang, D., Lin, Y., Jing, Y., Feng, C., Gu, R. : The dynamics of belief updating in human cooperation : Findings from inter-brain erp hyperscanning. *NeuroImage* **198**, 1–12 (2019), <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:149456342>