HAL
open science

Étayer dynamiquement une activité de conception expérimentale en biologie : premiers résultats d'expérimentations

Catherine Bonnat, Anne Lejeune

To cite this version:

Catherine Bonnat, Anne Lejeune. Étayer dynamiquement une activité de conception expérimentale en biologie : premiers résultats d'expérimentations. 9ème edition de la conference EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), Jun 2019, Paris, France. hal-02182756

HAL Id: hal-02182756

https://hal.science/hal-02182756v1

Submitted on 13 Jul 2019

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.

Étayer dynamiquement une activité de conception expérimentale en biologie : premiers résultats d'expérimentations

Catherine Bonnat, Anne Lejeune

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LIG, F-38000 Grenoble France
catherine.bonnat@univ-grenoble-alpes.fr, anne.lejeune@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé. L'activité de conception expérimentale est au cœur des programmes de sciences en France et pose des difficultés méthodologiques et conceptuelles aux élèves. La mise en place d'étayages adaptés peut aider à pallier ces difficultés, mais reste à analyser son efficience. Pour tenter de répondre à cette problématique, nous avons conçu un EIAH doté d'étayages fixes et adaptatifs. L'apprenant y interagit avec SimDiabolo, simulation sur le thème des métabolismes cellulaires, dotée d'étayages relatifs aux concepts non objet d'apprentissage et, reçoit des rétroactions dynamiques en cas d'erreur sur un concept objet d'apprentissage. Ces rétroactions et leurs déclencheurs sont définis dans des scénarios exploités par le module élève de FORMID au fil de la progression des apprenants. Nous présentons les premiers résultats de l'analyse des traces recueillies au cours d'expérimentations en classe de seconde générale en sciences de la vie et de la terre (France).

Mots-clés. Conception expérimentale, simulation, étayage adaptatif, scénarios.

Abstract. Experimental design is one of the main activities in science programs and poses methodological and conceptual challenges for learners. Providing learners with adapted scaffolds can help to overcome these difficulties, but remains to analyze its efficiency. According to our research goal, we designed an EIAH with fixed and adaptive scaffolds. The learner interacts with SimDiabolo, simulation on the topic of cellular metabolism, which provides scaffolds related to non learning objectives, and receives dynamic feedback in case of error related to one of the learning concept. Feedbacks and their triggers are defined in the FORMID scenarios used by the FORMID runtime engine throughout the learners' progress. We present the first results of traces analysis collected during experiments in high school biology classes (France).

Keywords. Experimental design, simulation, adaptive scaffolds, scenarios.

1 Contexte scientifique et objectifs de la recherche

Cette communication présente les premiers résultats d'une recherche sur l'étayage par un EIAH de l'activité de conception expérimentale en Sciences de la Vie et de la Terre (SVT). L'activité cible de notre recherche est l'une des phases d'une démarche d'investigation dans laquelle les élèves sont amenés à concevoir et réaliser des expériences. Les enjeux de cette démarche sont doubles puisqu'ils visent, dans le

même temps, l'apprentissage d'une méthode scientifique et l'assimilation des concepts relatifs à la situation étudiée [1, 2]. Plus précisément, la conception d'un protocole expérimental permet aux élèves de faire le lien entre les activités pratiques et les concepts en jeu [3]. Cependant cette tâche reste complexe et nécessite d'être étayée. En effet, ces derniers perdent de vue le problème posé [4] suite aux difficultés méthodologiques et épistémologiques qu'ils rencontrent dans l'écriture du protocole [5]. Concevoir un étayage à partir de l'identification *a priori* de ces difficultés, peut permettre de les pallier [6]. L'étayage peut être « fixe » (i.e. systématiquement proposé à tous les élèves), ou « adaptatif » (i.e. délivré dynamiquement à l'élève sur constat d'une des difficultés préalablement recensées) [7].

Dans un travail de thèse [8], nous avions conçu et testé au lycée une situation de conception expérimentale sur le thème de la fermentation alcoolique en SVT, alors étayée par l'EIAH LabNbook. Les résultats de ce travail ont montré l'efficience des étayages fixes (pré structuration du protocole et documents ressources), mais que demeuraient des erreurs conceptuelles récurrentes dans les protocoles conçus [8, 9]. Selon certains auteurs, l'étayage adaptatif [10, 11] permet à l'apprenant d'activer ses acquis antérieurs et de mieux s'investir dans la tâche proposée [5]. Cela justifie la combinaison de plusieurs formes d'étayage et notamment de prendre en compte les erreurs tenaces en tentant de les déstabiliser par des étayages adaptatifs complémentaires.

La mise en place d'étayages adaptatifs dans un EIAH présuppose que ce dernier dispose de mécanismes de diagnostic, en temps réel, de l'activité de l'apprenant. D'autre part, analyser l'efficience des étayages construits nécessite de pouvoir retracer a posteriori la progression de chaque apprenant au fil de l'activité. Nous avons choisi pour cela de bâtir un EIAH exploitant des outils informatiques et des modèles didactiques existants. À partir des résultats des travaux de thèse, nous avons conçu SimDiabolo, une simulation web interactive et autonome sur le métabolisme fermentaire. Nous l'avons dotée d'étayages fixes et lui avons délégué la prise en charge d'étayages adaptatifs relatifs à des concepts non objet d'apprentissage (NOA). La suite FORMID [12] permet (1) de scénariser l'observation de l'activité d'un élève interagissant avec une simulation et est dotée (2) de mécanismes de délivrance dynamique de rétroactions et (3) de moyens d'observation de l'activité des élèves, en temps réel ou *a posteriori*. Pour profiter de ces fonctionnalités, nous avons rendu possible la communication entre SimDiabolo et FORMID (Figure 1). L'ayant fait, nous pouvions déléguer à différents scénarios FORMID, la prise en charge des étayages adaptatifs relatifs aux concepts objet d'apprentissage (OA) afin d'être en mesure de répondre à notre question de recherche : *Quel est l'impact des étayages proposés, sur la pertinence des protocoles produits ?*

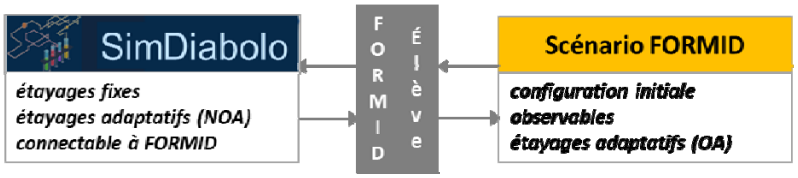

Fig. 1. Communication SimDiablo - FORMID Elève - Scénario FORMID

Dans cette communication, nous présentons l'activité proposée par SimDiabolo et sa scénarisation. Puis, après avoir décrit les expérimentations menées sur la fin 2018, nous détaillons la méthodologie d'analyse des traces recueillies et ses premiers résultats, en nous focalisant sur les erreurs relatives au concept d'anaérobie (absence de dioxygène). Ce concept, objet d'apprentissage, est à l'origine de difficultés récurrentes chez les élèves qui se traduisent par la non prise en compte des gaz présents dans le milieu et de leur dissolution [13].

2 Étayage de la situation et scénarisation de son observation

SimDiabolo propose aux élèves de lycée (15-17 ans) une activité de conception expérimentale destinée à dégager les caractéristiques du métabolisme de la fermentation alcoolique des levures (*consommation de glucose, production d'alcool et de dioxyde de carbone - réaction dépendante de la teneur du milieu en dioxygène et de sa température*). Avec SimDiabolo, l'élève rassemble le matériel nécessaire, conçoit un protocole et simule l'expérience en résultant. Simdiabolo est dotée d'étayages fixes (pré-structuration du protocole en actions paramétrées et accès à des documents ressources) et également d'étayages adaptatifs portant sur des concepts non objet d'apprentissage (ex : dispositifs de mesure).

Lors de l'analyse didactique préalable [8, 9] nous avions identifié et modélisé les erreurs fréquentes relatives aux concepts objet d'apprentissage. Les caractéristiques de ces erreurs ont été codées par des observables dans des scénarios FORMID, un observable étant associé à la rétroaction dynamiquement délivrée dans le cas de sa détection. Dans le but d'analyser l'impact de ces étayages, chaque scénario propose les mêmes observables, mais un « niveau » de rétroaction différent. De fait, nous disposons de différentes versions de l'EIAH.

Concernant le concept d'anaérobie, l'analyse didactique préalable a traduit les erreurs liées à ce concept par deux techniques potentiellement appliquées par l'élève : *contenant non bouché (solution typée S5) / contenant bouché mais partiellement rempli (solution typée S3)*. Ces techniques erronées ont été codées par des observables nommés respectivement *SoltypeS5* et *SoltypeS3*. Les rétroactions, délivrées à l'élève sur détection de l'un de ces observables sont fonction du scénario actif (Tableau 1).

Tableau 1. Scénarisation des étayages adaptatifs (cas d'un concept OA : l'anaérobie)

Contexte	Observable	Scénario	Rétroaction (si Observé)
Définition d'une solution lors de la conception du protocole : *Action* ***Prélever*** + *une ou plusieurs actions* ***Ajouter***	volume total solution créée < volume du contenant	**Scénario 1**	Aucun message
		Scénario 2 *Donner la technologie*	La fermentation alcoolique se réalise en condition d'anaérobie
		Scénario 3 *Questionner la technologie*	Quelles sont les conditions de réalisation de la fermentation alcoolique ? Consultez les documents ressources
		Scénario 4 *Donner la technique*	Supprimez les apports en dioxygène

3 Expérimentations et méthodologie d'analyse

Courant novembre 2018, nous avons testé l'EIAH dans des classes de seconde générale de trois lycées polyvalents de l'agglomération grenobloise. Les tests se sont déroulés sous le contrôle d'enseignants de SVT expérimentés, un chercheur étant présent à chaque séance. Chaque version a été expérimentée dans au moins 2 lycées différents, les séances durant 1h environ et s'intégrant dans la progression pédagogique des enseignants. 90 élèves ont ainsi participé à ces expérimentations.

À partir des traces d'observation recueillies par FORMID, nous avons filtré les observables détectés et les avons combinés en indicateurs quantitatifs et qualitatifs afin de répondre à notre question de recherche. La déclinaison de cette question relativement aux erreurs liées au concept d'anaérobie, conduisait à évaluer l'impact des rétroactions fournies à l'élève sur sa production d'un protocole expert après qu'il ait créé des solutions non bouchées ou ne remplissant pas leur contenant (Tableau 2).

Tableau 2. Sous-questions de recherches et indicateurs (cas d'un concept OA : l'anaérobie)

Sous-questions de recherche	Indicateurs résultant d'observables
A. Pertinence des solutions produites	
Est-ce que l'activité proposée aide les élèves à concevoir une solution experte (S1) ?	Nombre d'élèves ayant une solution S1. Temps et soumissions pour y parvenir.
B. Prise en charge des difficultés liées au concept d'anaérobie	
Retrouve-t-on des erreurs relatives au concept d'anaérobie ? Comment évoluent les solutions en anaérobie selon les scénarios ? Influence des documents ressource ?	Nombre de solutions en aérobie. Évolution de ces solutions. Consultation du document 1.
C. Utilisation des documents ressource et Anticipation du matériel	
Les élèves consultent-ils ces documents en amont de la conception de l'expérience ? Cela favorise-t-il le choix d'un matériel pertinent ?	Consultation des documents ressources dans la page matériel. Absence de bouchon dans la liste de matériel.

4 Premiers résultats

Pertinence des solutions produites. Nous constatons que le nombre d'élèves ayant produit au moins une solution « experte » augmente du scénario 1 au scénario 4 (Fig.2). Ce premier résultat tend à confirmer l'impact du niveau d'étayage sur les productions des élèves.

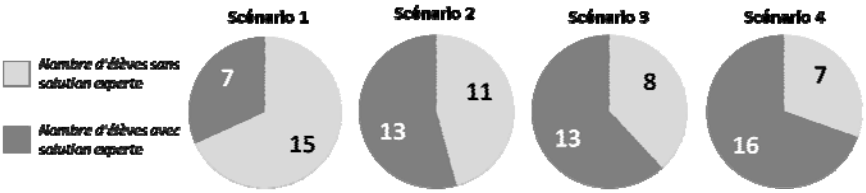

Fig. 2. Nombre d'élèves ayant produit au moins une solution « experte » selon le scénario

Nous avons également relevé le nombre important de soumissions des élèves avant qu'ils obtiennent une solution experte (moy. = 7), ce qui pourrait résulter de difficultés conceptuelles préalablement identifiées, telles que celle liée au concept d'anaérobie.

Prise en charge des difficultés liées au concept d'anaérobie. 61 élèves ont fait une erreur relative à ce concept lors de leurs premières soumissions, ce qui confirme la ténacité de cette erreur. Nous avons analysé pour ces élèves l'évolution d'une des solutions S3 ou S5 vers une solution experte en distinguant 3 cas : *pas d'évolution, évolution suite à consultation document proposé, évolution sans consultation* (Fig. 3).

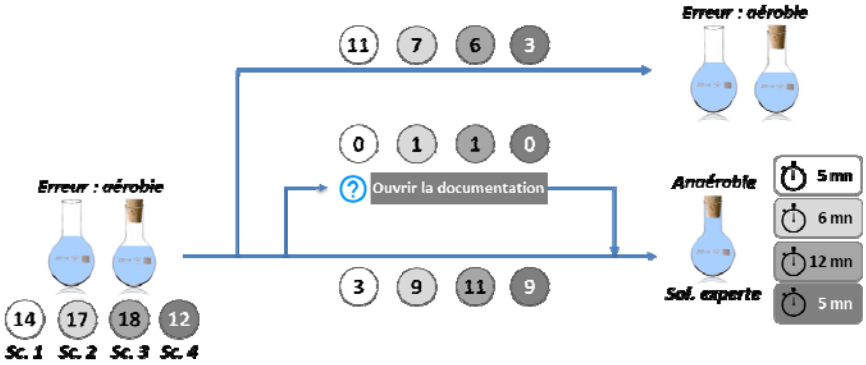

Fig. 3. Évolution, selon le scénario, des solutions en aérobie produites par les élèves

Il apparait que les rétroactions des scénarios 3 et 4 les aident davantage à modifier leurs solutions. Néanmoins, bien que la rétroaction du scénario 3 les incite à consulter un document ressource, ils ne le font pas (1 élève / 18).

Utilisation des documents ressource et anticipation du matériel. Parmi les élèves ayant fait une erreur sur le concept d'anaérobie, 51 ont consulté les documents ressources lors de la phase de collecte du matériel. Cependant, l'oubli fréquent de bouchon lors de cette phase (45 élèves), nous amène à penser que ces documents n'incitent pas assez les élèves à réfléchir sur la technique de mise en anaérobie. Le fait que l'activité nécessite de faire le lien entre la pratique et les concepts en jeu [3] peut aussi en être la cause. Parmi ces mêmes élèves, seulement 2 ont consulté la documentation lors de la conception du protocole, malgré les rétroactions qui les y incitaient. Néanmoins, la moitié d'entre eux a fini par obtenir une solution experte. Nous supposons qu'ils le doivent à la simulation des expériences conçues (rétroaction du milieu), qui serait un étayage complémentaire suffisant pour cela. Ce résultat renforce l'idée de combinaison d'étayages suggérée par certains auteurs [10].

5 Conclusion et perspectives

Ces premiers résultats tendent à prouver l'impact des niveaux de rétroactions dynamiques sur la rectification d'erreurs relatives au concept d'anaérobie, avec pour le scénario 4, davantage de solutions qui tendent vers celle qualifiée « d'experte ».

Les indicateurs - construits à partir des observables définis en amont - nous ont permis de restituer les actions des élèves et notamment celles suivant les rétroactions reçues en cas d'erreur.

Ces résultats nous encouragent à envisager des scénarios ajustant le degré d'étayage en fonction des difficultés observées. De plus, l'analyse détaillée des protocoles nous permettra d'enrichir la modélisation didactique de la situation. En effet, nous avons constaté un nombre significatif de solutions produites par les élèves qui ne correspondent à aucune de celles modélisés *a priori*. Enfin, bien que nous ne cherchions pas à évaluer les apprentissages, des expérimentations ultérieures conçues à cet effet pourraient être envisagées.

Références

1. Calmette, B., Boilevin, J.-M. (2014). Le modèle investigation-structuration et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *Recherche en Didactique des Sciences et Technologies, 9*, 103-128.
2. Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, *19*, 54-98.
3. Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant.* Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Paris-Sud, France.
4. Hmelo-Silver, C., Duncan, R. G., Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99-107.
5. Marzin-Janvier, P. (2013). *Comment donner du sens aux activités expérimentales ?* Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, France.
6. Quintana, C., Reiser, B., J., Davis, E., A., Krajcik, J., Fretz, E., & Duncan, R., G. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 337-386.
7. Azevedo, R., Cromley, J. G., Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia ? *Contemporary Educational Psychology, 29,* 344-370.
8. Bonnat, C. (2017). *Etayage de l'activité expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique*. Thèse de doctorat, Université Grenoble-Alpes, France.
9. Bonnat, C., Marzin, P., Girault, I. (2018). Analyse des conceptions d'élèves sur le vivant, dans une situation de conception expérimentale avec un environnement informatique. *Recherche en didactique des sciences et technologies, Varia*, (sous presse).
10. McManus, T. (2000). Individualizing instruction in a web-based hypermedia learning environment: Nonlinearity, advanced organizers, and self-regulated learners. *Journal of Interactive Learning Environments, 11(3)*, 219–251.
11. Puntambekar, S., Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(2), 185-217.
12. Lejeune, A., Guéraud, V. (2012). Embedding observation means into the learning scenario : Authoring approach and environment for simulations-based learning. Internatinal *Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Rome: IEEE, 2012*, 273-275.
13. Laugier, A., Dumon, A. (2004). L'équation de réaction: un nœud d'obstacles difficilement franchissable. *Chemistry Education Research and Practice, (5)*1, 51-68.