

Modélisation de praxéologies personnelles a priori dans une situation de conception expérimentale en biologie

Catherine Bonnat

► **To cite this version:**

Catherine Bonnat. Modélisation de praxéologies personnelles a priori dans une situation de conception expérimentale en biologie. 6ème Congrès International de la Théorie Anthropologique du Didactique, Jan 2018, Autrans, France. <hal-01708033>

HAL Id: hal-01708033

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01708033>

Submitted on 13 Feb 2018

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.

Modélisation de praxéologies personnelles *a priori* dans une situation de conception expérimentale en biologie

Catherine Bonnat

Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Université Grenoble Alpes,
France

Abstract. The study consists in modelling errors in a biology situation implemented in a TEL system. The inquiry-based learning is used in this activity. We introduce the personal praxeology to model errors *a priori* in this situation. The model has been tested with student's work in high school classes in France. This modelling work is necessary in order to improve the platform in a future work, which consists in implementing an automatic diagnosis of error.

Résumé. L'étude porte sur une modélisation de l'erreur dans une situation de biologie conçue dans un environnement informatique pour l'apprentissage humain et qui propose une activité incluant la démarche d'investigation. Cela se traduit par une modélisation de praxéologies personnelles *a priori*, mises à l'épreuve par l'analyse de productions d'élèves au lycée en France. Cette modélisation, novatrice en biologie, participera dans un second temps à l'évolution de la plateforme vers la mise en place d'un diagnostic automatique des erreurs.

1. Contexte de la recherche

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche sur l'étayage de l'activité de conception expérimentale en biologie par un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH), et plus précisément dans la mise en place d'un diagnostic automatique des erreurs des élèves pour proposer des aides personnalisées. Nous utilisons pour cela une plateforme numérique en ligne, LabBook (Girault, d'Ham, Marzin & Wajeman, 2017), qui vise à aider les élèves dans ce type d'activité.

L'activité de conception expérimentale est une des étapes de la démarche d'investigation et est préconisée dans les programmes de sciences à l'école. Cette activité consiste à imaginer et concevoir une expérience qui peut être rédigée sous la forme d'un protocole (Etkina, Karéline & Ruibal-Villasenor, 2010). Ce dernier décrit les conditions précises de l'expérience par une succession d'étapes et d'actions paramétrées (Marzin, 2013).

Afin d'aider les élèves dans cette tâche complexe (Séré & Beney, 1997), nous avons conçu une situation sur un thème en biologie, ainsi que des aides conceptuelles relatives aux difficultés identifiées dans la littérature, et nous les avons implémentées dans la plateforme.

La conception de la situation et des aides apportées nécessitent un travail didactique préalable, dont une modélisation des connaissances en jeu dans l'activité, ainsi qu'une modélisation des possibles erreurs afin de proposer des aides appropriées.

Cette nécessaire modélisation a été réalisée dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique et plus précisément le modèle praxéologique (Bosch & Chevallard, 1999) utilisé en mathématique. A cela, nous ajoutons l'utilisation d'une extension de ce cadre (T4TEL¹) développée par l'équipe MeTAH (Chaachoua & Bessot, 2017) qui permet de prendre en compte la dimension informatique liée à l'EIAH.

2. Cadre théorique et problématique

Pour modéliser la situation, nous utilisons le modèle de la praxéologie introduit par Marianna Bosch et Yves Chevallard (1999). Ce cadre, le

¹ T4 renvoie au quadruplet praxéologique et TEL pour Technology Enhanced Learning

plus souvent utilisé en mathématiques, a aussi été l'objet de travaux en chimie (Girault & Chaachoua, 2013) et en biologie (Bonnat, 2017).

Il permet de décrire l'organisation du savoir au sein d'une institution et les activités de l'élève en tant que sujet de l'institution, mais aussi les comportements non attendus par l'institution, en particulier les erreurs. De plus, il s'agit d'un modèle adéquat pour une implémentation informatique qui a fait l'objet de travaux de recherche, en mathématiques notamment, (Chaachoua, Ferraton & Desmoulins, 2013 ; Chaachoua, 2015), dans lesquels les auteurs proposent une extension du modèle praxéologique pour notamment, prendre en compte la dimension informatique liée à l'utilisation d'un EIAH.

2.1. Notion de variables dans T4TEL

Le contexte de notre étude se situe dans le domaine des EIAH, ce qui implique un travail de modélisation informatique des objets de savoir à enseigner et des connaissances d'un sujet afin par exemple dans notre étude, de produire des diagnostics automatique des erreurs. Dans le modèle T4TEL, Hamid Chaachoua & Annie Bessot (2017) introduisent notamment la notion de variable afin de formaliser davantage le type de tâches, avec comme objectif de structurer un ensemble de situations spécifiques d'une connaissance.

Selon ce modèle, un type de tâches comme « *T : observer à l'aide d'un dispositif, la présence de glucose dans la suspension de levures* » se définit par un verbe d'action « observer », des compléments fixés « la présence de glucose » « dans la suspension de levures », et un complément « à l'aide d'un dispositif de mesure » qui peut varier, et qui pourrait être défini comme une variable. Une variable peut prendre différentes valeurs (dans l'exemple cité : sonde, glucotest, liqueur de Fehling), sur lesquelles va s'appuyer notre proposition de modélisation de l'erreur contextualisé à la situation proposée.

2.2. Praxéologie personnelle

La praxéologie institutionnelle modélise ainsi le rapport institutionnel en prenant en compte ce qui est attendu par l'institution.

Dans leur étude, Marie-Caroline Croset & Hamid Chaachoua (2016), mettent en avant la nécessité de prendre également en considération les

connaissances de l'apprenant et proposent une articulation de ces deux cadres en intégrant à la fois les rapports institutionnel et personnel de l'élève.

Ainsi, face à une tâche donnée t , l'institution attend d'un élève la mise en place d'une technique qui relève d'une organisation institutionnelle associée à la tâche t . La non conformité du rapport personnel à t se traduit par la mise en œuvre d'une technique, soit scientifiquement valide mais non adéquate institutionnellement, soit scientifiquement non valide (Nguyen, Chaachoua & Comiti, 2007). Ils appellent praxéologie personnelle la modélisation des écarts entre les attentes institutionnelles et les perceptions des élèves. Elle est constituée de quatre composantes (T, t, τ , θ) qui intègrent des techniques et des technologies qui ne sont pas nécessairement valides.

Nous faisons l'hypothèse que cette modélisation permet de décrire les erreurs des élèves dans notre situation de conception de protocole sur le thème du métabolisme cellulaire abordé en terminale scientifique (élèves de 17-18 ans) de spécialité sciences de la vie et de la terre (TS.SVT).

2.3. Questions de recherche

Le travail de modélisation de l'erreur dans notre situation est nécessaire afin de faire évoluer la plateforme vers la mise en place d'un diagnostic automatique des erreurs des élèves et des rétroactions personnalisées. Il a été conduit selon les questions de recherches suivantes :

- Quelles sont les praxéologies personnelles *a priori* en lien avec la situation proposée ?
- Peut-on enrichir cette modélisation *a priori* à partir de l'analyse des productions d'élèves ?

Nous proposons dans cette étude, une méthodologie et les résultats de la modélisation de praxéologies personnelles *a priori*. Nous les présentons les résultats pour un des types de tâches de la situation.

3. Méthodologie

3.1. Présentation de la situation

Notre étude porte sur une situation de conception expérimentale en biologie incluant une conception de protocole sur le métabolisme de la fermentation alcoolique. Il s'agit d'une activité dans laquelle l'élève doit rédiger un protocole expérimental structuré en étapes et actions. Ces dernières contiennent des paramètres d'actions qui peuvent prendre plusieurs valeurs.

Par exemple, afin de réaliser le métabolisme de la fermentation alcoolique, les levures qui sont des microorganismes vivants, doivent être placées en anaérobie (milieu dépourvu de dioxygène) et à température optimale (environ 25°C). Expérimentalement, pour placer les levures en anaérobie, l'élève devra proposer dans son protocole, une action du type « *je ferme le contenant avec un matériel adapté* » pour laquelle il devra fixer deux valeurs de paramètre : le contenant (tube à essai, bécher, fiole...) et le matériel adéquat pour le fermer (bouchon, bouchon percé...).

Ainsi, du côté de l'activité de l'élève, les erreurs peuvent porter sur les actions proposées, mais aussi, pour chacune des actions proposées, sur la présence et le choix de valeurs de paramètres.

Du côté de la modélisation des connaissances, cela se traduit par un type de tâches comprenant des variables de nature différentes, pour lesquelles le chercheur (ou l'enseignant) peut fixer ou choisir certaines valeurs. L'exemple pris ci-dessus, peut se traduire selon la modélisation praxéologique étendue à T4TEL, par le type de tâches « fermer un contenant avec un matériel adéquat » pour lequel on distingue deux variables didactiques : « le contenant » et « le matériel ». Ces variables peuvent prendre différentes valeurs à disposition de l'enseignant : le contenant (tube à essai, bécher, fiole...) et le matériel adéquat pour le fermer (bouchon, bouchon percé...).

Nous présentons le travail de modélisation de l'erreur pour un des types de tâches extrait de la praxéologie de référence de la situation élaborée au préalable.

T : « placer les microorganismes dans les conditions du milieu »

La technique relative et conforme aux attentes institutionnelles est :

- T_0 : prélever un volume de suspension de microorganismes et les verser dans un contenant
- T_1 : fermer le contenant avec le matériel adéquat
- T_2 : porter et maintenir la suspension de microorganismes à température à l'aide d'un dispositif adéquat

Nous choisissons ce type de tâche car il est objectif d'apprentissage en classe de TS.SVT et à l'origine de difficultés identifiées dans la littérature.

3.2. Modélisation de praxéologies personnelles *a priori*

Méthodologie générale.

L'élaboration de praxéologies personnelles *a priori*, nécessite un croisement entre l'analyse épistémologique qui identifie les difficultés *a priori* des élèves, et la modélisation praxéologique de la situation (praxéologie de référence). Ceci permet de distinguer les types de tâches, tâches, techniques et technologie à l'origine de difficultés chez les élèves.

Nous proposons une méthodologie d'élaboration de praxéologies personnelles *a priori* en prenant l'exemple du type de tâche précédemment cité.

Les praxéologies personnelles de l'élève peuvent être modélisées selon le schéma présenté ci-dessous (figure 1). Nous indiquons également des éléments d'interprétation.

Pour un type de tâche T donné du modèle de référence, il existe une technique τ_I qui accomplit la tâche et qui est attendue par l'institution (I), et se décrit comme un ensemble de types de tâches tel que $\tau_I = \{T_i\}$.

Soit τ_e , une technique de l'élève qui appartient au modèle praxéologique de référence.

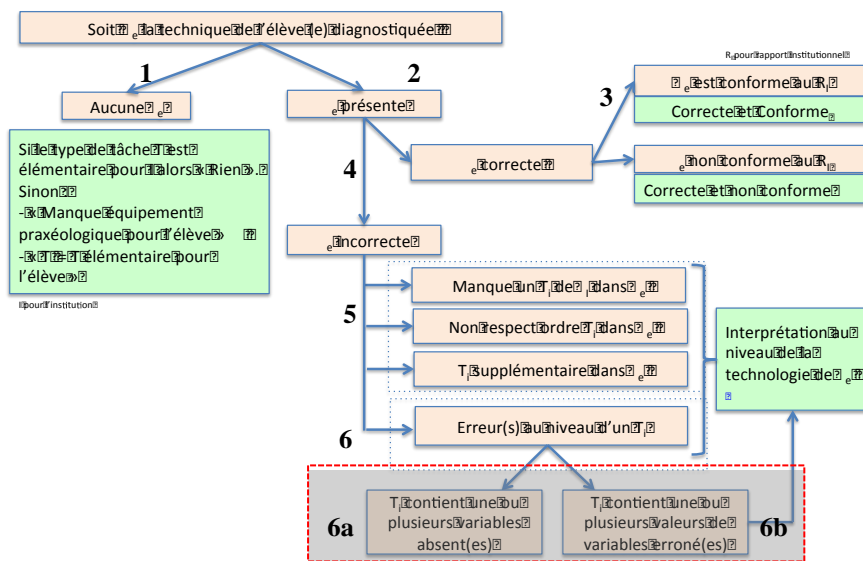


Figure 1 : modélisation de praxéologies personnelles

La technique de l'élève peut être soit présente, soit absente.

1 : **Si la technique τ_e de l'élève est absente** et que le type de tâche est élémentaire pour l'institution alors l'absence de technique de l'élève n'est pas interprétable au niveau des technologies de l'élève. Si par contre le type de tâche n'est pas élémentaire pour l'institution, alors soit l'élève ne dispose pas de l'équipement praxéologique correspondant, soit le type de tâche est considéré comme élémentaire par l'élève.

2 : **si la technique τ_e de l'élève est présente**, elle peut être :

3 : **correcte et conforme** aux modèle de référence institutionnel, auquel cas elle est validée, ou bien **correcte et non conforme** au rapport institutionnel.

4 : **incorrecte** auquel cas :

5 : L'erreur peut porter sur **la technique** globale de l'élève, et peut être de différente nature (un T_i absent / supplémentaire, ordre des T_i incorrecte).

6 : et/ou l'erreur peut également être inhérente à un **type de tâches T_i** de la technique.

Dans les deux cas (5 et 6), ces erreurs portées sur la technique de l'élève, pourront être justifiées au niveau des technologies relatives à la technique erronée de l'élève.

Spécificités de l'activité de conception expérimentale.

Nous avons choisi, une situation de conception expérimentale incluant une conception de protocole qui consiste à décrire l'expérience à réaliser sous la forme d'un protocole structuré en étapes et actions. Ces dernières contiennent des paramètres qui peuvent prendre plusieurs valeurs. La tâche de l'élève consiste donc, à la fois à proposer des étapes et des actions paramétrées mais aussi à choisir des valeurs de paramètres. Afin de prendre en compte les spécificités de cette activité dans la modélisation de praxéologies personnelles *a priori* (Figure 1), nous spécifions deux types d'erreurs inhérents à un type de tâche T_i de la technique (6).

6a : une erreur portée sur l'**absence de variable(s)** dans une tâche

6b : une erreur portée sur la **présence d'une valeur de variable erronée**

Ces erreurs modélisées *a priori* renvoient, pour certaines, vers une interprétation *a priori* du côté des technologies.

3.3. Enrichissement de praxéologies personnelles *a priori* à partir de productions d'élèves

Nous avons fait l'hypothèse que l'analyse de productions d'élèves permettrait de valider les praxéologies personnelles modélisées *a priori* et d'enrichir ce modèle avec l'identification notamment de nouvelles praxéologies personnelles basées sur des erreurs non proposées *a priori*.

Les praxéologies personnelles des élèves ont été modélisées à partir de 110 productions d'élèves obtenus lors de deux expérimentations menées dans des classes de TS.SVT en mai et octobre 2016. Les élèves ont rédigé leur protocole expérimental sur la plateforme LabBook. Les protocoles individuels obtenus ont été analysés et comparés à un protocole « expert » conforme aux attentes institutionnelles et modélisé à partir de la praxéologie de référence.

Le corpus d'analyse est composé de 100 productions d'élèves pour lesquels il existe au moins une erreur relative à la technique du type de tâches étudié T « placer les microorganismes dans les conditions du milieu ». En effet, sur les 110 productions initiales, 10 d'entre elles se sont avérées conformes au protocole « expert ». Nous avons modélisé

l'ensemble des praxéologies personnelles des élèves à partir de ces protocoles et nous les avons comparées aux praxéologies personnelles identifiées *a priori* afin de les enrichir.

4. Résultats

4.1. Modélisation de 12 praxéologies personnelles *a priori*

Nous avons modélisé des praxéologies personnelles *a priori* pour le type de tâche T : « placer les microorganismes dans les conditions du milieu », dont la technique relative conforme aux attentes institutionnelles et contextualisée à la situation est :

- t_0 : prélever 36 ml de suspension de levures et les verser dans un tube à essai (40 mL)
- t_1 : fermer le tube à essai avec bouchon hermétique
- t_2 : porter et maintenir la suspension de levures à 25°C à l'aide d'un bain marie

À partir de la figure 1, nous avons identifié pour chaque concept en jeu, les possibles erreurs sur la technique globale de l'élève (5), qui sont l'absence de t_0 et/ou l'absence de t_1 , et/ou l'absence de t_2 . L'ordre des T n'a pas d'importance dans notre situation, et nous ne nous intéressons pas aux tâches supplémentaires qui peuvent être multiples.

À cela, s'ajoute ou non, les erreurs (6) portant sur la variable d'un ou plusieurs éléments de la technique de T modélisées par l'absence de variable (6a) noté V_0 , et/ou une erreur au niveau de la valeur de la variable (6b) noté $V_{1 \rightarrow 8}$. Les possibles erreurs portant sur les valeurs de variables sont présentées ci-dessous :

V_1 : *volume total de solution(s) prélevé > au volume du contenant*

V_2 : *volume total de solution(s) prélevé < au volume du contenant*

V_3 : *bactérie*

V_4 : *solution de glucose/fructose/amidon, eau*

V_5 : *bouchon non hermétique*

V_6 : *bouilloire*

V_7 : *$t^\circ > 40^\circ C$*

V_8 : *$t^\circ < 20^\circ C$*

A partir de ces erreurs, nous avons modélisé neuf technologies erronées qui pourraient justifier ces techniques *a priori*. Les numéros de

technologies sont indépendants de ceux des valeurs de paramètre V_x . Elles reprennent des concepts variés appartenant aux domaines de la biologie et de la chimie et peuvent être mises en relation avec les difficultés identifiées *a priori* dans la littérature.

θ_1 : la fermentation alcoolique se déroule indépendamment des levures

θ_2 : la fermentation alcoolique se déroule en aérobie

θ_3 : la réalisation optimale de la fermentation alcoolique chez les levures est indépendante de la température du milieu

θ_4 : le volume disponible d'un contenant est inférieur au volume versé

θ_5 : les gaz présents dans l'air ne se dissolvent pas dans une solution

θ_6 : la levure est une bactérie.

θ_7 : la vitesse de réaction chimique de la fermentation alcoolique est indépendante de la température du milieu

θ_8 : la température optimale de la réaction de fermentation alcoolique chez les levures est supérieur à 40°C

θ_9 : la température optimale de la réaction de fermentation alcoolique chez les levures est inférieur à 20°C

Le tableau 1 présente la synthèse des résultats de la modélisation de 12 praxéologies personnelles *a priori* qui correspondent à une erreur portée sur la technique ou à une association de plusieurs erreurs.

Nous avons choisi de représenter une praxéologie personnelle (n°1), qui modélise l'absence de technique de l'élève pour laquelle il n'est pas possible de donner une interprétation au niveau technologique, en vue d'un diagnostic automatique de l'erreur qui s'appuie sur les traces de l'activité de l'élève.

Les 11 autres praxéologies personnelles modélisées *a priori* sont proposées en fonction des concepts en jeu et des types erreurs. C'est à dire que pour chaque concept à l'origine de difficultés, nous identifions les possibles erreurs relatives à la technique. Cela se traduit par des types de tâches de la technique manquants, et/ou sur des valeurs de variables erronées. Nous proposons ainsi des praxéologies personnelles qui modélisent une ou plusieurs erreurs. Nous obtenons donc des praxéologies personnelles *a priori* qui modélisent plusieurs erreurs (exemple de la praxéologie personnelle n°2), et qui correspondent à

l'association de plusieurs praxéologies personnelles *a priori* qui modélisent une seule erreur (n°3 + n°6). Nous avons fait ce choix pour prendre en compte la finalité de notre travail qui est de réaliser un diagnostic automatique de l'erreur et de proposer une modélisation de rétroactions personnalisées.

N°	Erreurs portée(s) sur la technique : T_1 manquant(s)	Erreur(s) portée(s) sur une valeur de variable (V_x) d'un T_1 : valeur	Technologie(s) erronées relatives	Concept en jeu
0	□	absence d'une variable	pas d'interprétation au niveau des technologies erronées de l'élève	
1	$T_0 ; T_1 ; T_2$	□		
2	$T_1 ; T_2$	□	θ_2 θ_3	Conditions de réalisation du métabolisme fermentaire
3	T_1	□	θ_2	Condition nécessaire : anaérobie
4	T_1	volume prélevé : $< 36mL$	θ_2 θ_5	
5	□	volume prélevé : $< 36mL$	θ_5	Condition nécessaire : anaérobie stricte, diffusion des gaz
6	T_2	□	θ_3	Condition optimale de réaction : température du milieu
7	□	solution : <i>sans levures</i>	θ_1	
8	□	Température : <i>différente de 25°C</i>	θ_8 ou θ_9	Vivant
9	□	solution : <i>suspension de bactéries</i>	θ_6	Classification des microorganismes
10	□	matériel : <i>bouilloire</i>	θ_7	Matériel de laboratoire
11	□	matériel : <i>bouchon percé</i>	θ_2 θ_5	
12	T_0	□	θ_1	Vivant

Tableau 1. Résultat de la modélisation de praxéologies personnelles *a priori*.

4.2. Modélisation des praxéologies personnelles dans les productions d'élèves et enrichissement des praxéologies personnelles *a priori*.

Le tableau 1 présente les résultats d'analyse des 100 protocoles d'élèves selon les praxéologies personnelles *a priori*. Nous avons donc analysé chaque protocole d'élève, c'est à dire qu'un protocole est modélisé par une ou plusieurs praxéologie *a priori* (n°1 à n°12).

Praxéologies personnelles <i>a priori</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Effectif (/100)	10	15	13	12	49	18	10	0	2	3	3	23

Tableau 2. Résultat de la modélisation des praxéologies personnelles dans les protocoles des élèves.

Nous avons pu modéliser l'ensemble des protocoles des élèves selon les douze praxéologies personnelles identifiées *a priori*. Un premier résultat est qu'aucun protocole ne présente d'autres techniques erronées, qu'il faudrait modéliser par des praxéologies personnelles non proposées *a priori*. Notre modélisation est donc suffisante pour l'étude proposée.

Nous remarquons quatre praxéologies personnelles *a priori* qui sont minoritaires dans les productions des élèves : n°8, 9, 10, et 11. Elles sont soit absentes (n°8) soit présentes dans seulement deux ou trois protocoles (n°9, 10, et 11). A l'inverse les praxéologies personnelles *a priori* (dans l'ordre décroissant) n° 5, 12, 6, 2, 3, 4, et 7 sont identifiées dans au moins dix protocoles d'élèves. Les praxéologies majoritairement modélisées dans les protocoles des élèves sont en lien avec des concepts nouveaux et objectifs d'apprentissage en classe de terminale scientifique de spécialité comme le concept d'anaérobie. À l'inverse, les praxéologies personnelles minoritaires relèvent de concepts acquis dans les classes antérieures comme le matériel pour chauffer une solution.

Nous identifions 158 praxéologies personnelles dans les 100 protocoles d'élèves. Nous avons donc plusieurs praxéologies personnelles modélisées *a priori* dans un même protocole. Nous avons relevé 14 nouvelles associations d'erreurs dans les protocoles des élèves que nous n'avons pas modélisées *a priori*. Trois seulement sont identifiées dans au

moins 10 protocoles : n°5/n°6, n°5/n°2 et n°3/n°12. L'analyse des technologies erronées relatives à ces associations d'erreurs ne permet pas de dégager une interprétation commune qui nécessiterait l'élaboration d'une nouvelle praxéologie personnelle *a priori* qui puisse les regrouper. Par conséquent, il est difficile de modéliser des technologies erronées spécifiques pour ces associations qui relèvent de concepts différents.

Nous validons ainsi la modélisation des 12 praxéologies personnelles *a priori* pour le type de tâche étudié.

Néanmoins, cela ouvre des pistes de réflexion pour un travail ultérieur concernant la validation à plus grande échelle de la méthode utilisée pour modéliser les praxéologies personnelles *a priori* dans l'ensemble de la situation, mais également étendre cette méthodologie à d'autres situations incluant une activité de conception expérimentale en sciences.

5. Conclusions

L'objectif de cette étude était de proposer une méthode de modélisation de praxéologies personnelles *a priori* dans une situation de conception expérimentale qui est une des étapes de la démarche d'investigation en sciences.

Contextualisée à une situation de terminale scientifique sur la mise en évidence de la fermentation alcoolique, nous avons modélisé pour un des types de tâches de la praxéologie de référence, 12 praxéologies personnelles *a priori* qui s'appuient sur de possibles erreurs portant sur la technique du type de tâche ou bien sur la valeur de variable de la tâche. Ces erreurs portent sur des concepts à l'origine de difficultés chez les élèves identifiées dans la littérature.

Nous n'avons pas, pour ce type de tâches, enrichi cette modélisation avec l'analyse de productions d'élèves.

Ce modèle nécessiterait d'être mis à l'épreuve pour l'ensemble de la situation proposée afin de l'élargir à d'autres situations.

Les apports de ce travail sont multiples :

- une modélisation praxéologique de référence dans une activité de conception expérimentale en biologie

- l'utilisation de l'extension T4TEL pour la formalisation des types de tâches afin de répondre aux exigences du domaine des EIAH
- la proposition d'une méthodologie pour l'élaboration et l'enrichissement de praxéologies personnelles *a priori* pour ce type d'activité, qui pourrait s'étendre à d'autres domaines

Ce travail de modélisation a pour objectif de préparer un diagnostic automatique des erreurs et de proposer des rétroactions personnalisées à l'élève. Il ouvre de nouvelles questions de recherche portées sur la possible transposition informatique de ce modèle afin de participer à l'évolution de la plateforme.

Références

- Bonnat, C. (2017). *Etayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique* (Thèse de doctorat). Université Grenoble Alpes.
- Bosch, M. & Chevallard Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 19(1), 77–124.
- Chaachoua, H. (2015). Un cadre de référence didactique basé sur l'approche praxéologique pour représenter les connaissances dans un EIAH. *Communication au 3^o Colloque International Franco-Vietnamien en didactique des mathématiques*. Hué.
- Chaachoua, H., Ferraton, G. & Desmoulins, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH. *Actes du 4^e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique*, Toulouse.
- Chaachoua, H. & Bessot A. (2017). Introduction de la notion de variable dans le modèle praxéologique. *Actes du 5^e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique*. Castro-Urdiales, Espagne. 2016.
- Croset, M-C. & Chaachoua, H. (2016). Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD : la praxéologie personnelle. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 36(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.
- Girault, I., Chaachoua, H. (2013). How do students deal with the chemical knowledge during an experimental design in SCY-Lab? *Proceeding of CITAD 2013 - 4th International Conference of the Anthropological Theory of the Didactic*, 21 – 26 avril 2013. Toulouse.
- Girault, I., d'Ham, C., Marzin, P. & Wajeman, C. (2017). LabBook : a web environment for active science learning. *Proceeding of ESERA 2017 – International Conference of the European Science Education Research Association, August 21st – 25th 2017*. Dublin.
- Marzin-Janvier, P. (2013). *Comment donner du sens aux activités expérimentales ?* (Mémoire d'habilitation à diriger des recherches). Université Joseph-Fourier - Grenoble I.
- Nguyen Q., Chaachoua H. & Comiti C. (2007). De l'usage de la TAD pour l'analyse des erreurs. In L. Ruiz-Higueras, A. Estepa, & F. Garcia (Ed.), *Sociedad, Escuela y matematicas. Aportaciones de la teoria Antropologica de lo Didactico*. (621-640). Universidad de Jaen.
- Séré, M-G. & Beney, M. (1997). Le fonctionnement intellectuel d'étudiants réalisant des expériences : observation de séances de travaux pratiques en premier cycle universitaire scientifique. *Didaskalia*, 11, 75–102.