



LA PRAXEOLOGIE COMME MODELE DIDACTIQUE POUR DECRIRE LE RAPPORT PERSONNEL DE L'APPRENANT : CAS DES REACTIONS ACIDO-BASIQUES

PRAXEOLOGY AS A DIDACTIC MODEL TO DESCRIBE THE PERSONAL RELATIONSHIP OF THE LEARNER: CASE OF ACID-BASIC REACTIONS

| Abdellatif, Elouardachi ^{1*} | Said, Abouhanifa ² | Khalid, Essaadouni ³ | and | Abdellah, Anouar ¹ |

¹. Hassan First University of Settat | Faculté Sciences et Techniques | Laboratoire Chimie Appliqué et Environnement | Settat | Morocco |

². Hassan First University of Settat | Ecole Nationale des Sciences Appliquées | Berrechid | Morocco |

³. Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation Casablanca Settat | Annexe de Settat | Département de Mathématique | Settat | Morocco |

| Received Mai 14, 2020 |

| Accepted June 17, 2021 |

| Published June 23, 2021 |

| ID Article | Elouardachi-Ref28-ajira140621 |

RESUME

Introduction : Le besoin d'enseigner la chimie dans les établissements scolaires et universitaire est apparu dès que la science a commencé à produire des concepts nouveaux, en ce qui concerne la situation de l'enseignement et l'apprentissage scientifique et plus particulièrement la chimie est aujourd'hui ne cessent de préoccuper enseignants, chercheurs en didactique des sciences, et ce, dans la plupart des pays. **Contexte et objectifs :** Deux axes problématiques ont guidé cette étude, celle de mon travail de thèse sur l'Apprentissage des sciences physiques et chimiques, la 2ème axe consiste à réaliser une analyse praxéologie chez les étudiants marocains en 1ère année de la faculté de sciences et techniques de Settat (FSTS), relatif aux réactions acido-basiques en solution aqueuse. **Méthodes :** Pour le besoin de notre travail de recherche, nous avons élaboré un questionnaire sous forme de problème formé de trois parties mettant en œuvre le produit ionique de l'eau, la réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau, l'évolution d'un mélange d'acide éthanóïque. Nous avons procédé à une analyse a priori, d'un part de la partie du programme Marocain sur laquelle porte le thème réactions acido-basiques en solution aqueuse, et d'autre part des tâches prescrits, ensuite nous recueillons les données à partir des productions écrites des étudiants issus de ses réponses aux questions de problème, et les avons analysées sous l'angle des praxéologies personnelles. **Résultats et conclusions :** Nous avons utilisés le modèle praxéologique pour l'analyse du rapport personnel des étudiants marocains, y compris les difficultés, quand celui-ci n'est pas conforme au rapport de référence institutionnel, en particulier ses connaissances erronées. L'analyse des productions des étudiants nous a permis de caractériser les organisations chimiques (OC) apprises par l'apprenant afin de mettre en place de parcours différenciés.

Mots-clés: Théorie de l'Anthropologie Didactique, praxéologie disciplinaire, rapport personnel, objets de savoir, didactique des sciences.

ABSTRACT

Introduction: The need to teach chemistry in schools and universities arose as soon as science began to produce new concepts, with regard to the situation of scientific teaching and learning and more particularly chemistry is today continue to preoccupy teachers and researchers in science education in most countries. **Context and objectives:** Two problematic axes guided this study, that of my thesis work on the Learning of physical and chemical sciences, the 2nd axis consists in carrying out a praxeology analysis among Moroccan students in the 1st year of the science and techniques faculty of Settat (FSTS), relating to acid-base reactions in aqueous solution. **Methods:** For the purpose of our research work, we developed a three-part problem questionnaire involving the ionic product of water, the reaction of ethanoic acid with water, the evolution of a mixture of ethanoic acid. We carried out an a priori analysis, on the one hand of the part of the Moroccan program on which the theme acid-base reactions in aqueous solution relates, and on the other hand of the prescribed tasks, then we collect the data from the written productions students based on his answers to problem questions, and analyzed them from the angle of personal praxeologies. **Results and conclusions:** We used the praxeological model for the analysis of the personal report of Moroccan students, including the difficulties, when it does not conform to the institutional reference report, in particular its erroneous knowledge. The analysis of the students' productions allowed us to characterize the chemical organizations (OCs) learned by the learner in order to set up differentiated pathways.

Keywords: Didactic Anthropology Theory, disciplinary praxeology, personal relationship, objects of knowledge, science didactics.

1. INTRODUCTION

Le besoin d'enseigner la chimie dans les établissements scolaires et universitaire est apparu dès que la science a commencé à produire des concepts nouveaux. Le méga-développement des connaissances et des concepts scientifiques oblige de plus en plus à poser des questions, que doit-on enseigner quand on doit enseigner les sciences ? Comment on doit enseigner les sciences ? Cela a conduit Chevallard de proposer la transposition didactique [1] des sciences, qui vise d'une manière simple à rendre compréhensibles et adaptatives par l'apprenant.

En ce qui concerne la situation de l'enseignement et l'apprentissage scientifique et plus particulièrement la chimie est aujourd'hui ne cessent de préoccuper enseignants, chercheurs en didactique des sciences, et ce, dans la plupart des pays [2].

Au Royaume du Maroc, la démarche scientifique qui relève des méthodes et des processus prend une place grandissante dans les programmes d'enseignement des sciences dans le secondaire qualifiant comme dans beaucoup de pays, à l'instar de la démarche d'investigation au collège ou de (l'Inquiry Based Science Education) dans les pays anglophones. Le Ministère de l'Education Nationale, de la Formation Professionnelle, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Marocaine prescrit des orientations pédagogiques générales pour l'enseignement de sciences physiques chimies [3], Alors que très peu de détails sont donnés dans la suite de ces orientations en arabe à ce sujet.

ولقد روعي في منهاج مادة الفيزياء والكيمياء بالمرحلة الثانوية التأهيلية، التوجهات والمبادئ الأساس الواردة في الميثاق الوطني للتربية والتكوين وفي الكتاب الأبيض، والمتمثلة في:

- تمكين المتعلمين من ثقافة علمية وتكوين تخصصي في حقل من حقول المعرفة العلمية؛
- مساهمة المتعلمين للمستجدات العلمية والتكنولوجية، معرفة وتطبيقاً؛
- تدريب المتعلم على خطوات المنهج العلمي؛
- تنمية قدرات ومهارات البحث العلمي للمتعلمين في مجالات العلوم والتكنولوجيا؛
- تمكين المتعلم من اختيار التوجه المناسب نحو المسالك العلمية والتكنولوجية المختلفة، وذلك حسب ميولاته ومؤهلاته.

Figure 1: Orientations pédagogiques générales pour l'enseignement de sciences physiques chimies.

1. L'idée selon laquelle les apprenants doivent savoir ce qu'est la science occupe une place importante dans le développement du pays dans tous les secteurs ;
2. Autonomiser l'apprenant d'une culture scientifique et technique spécialisée dans un domaine du savoir scientifique ;
3. Préparer des élèves à poursuivre les progressions scientifiques et techniques, étude et pratique ;
4. Initier et pratiquer la démarche scientifique ;
5. Développer les savoirs faire et les compétences de la recherche scientifique chez l'apprenant ;
6. Aider l'apprenant à choisir son parcours personnel vers les filières scientifiques et technique selon ses capacités.

Des recherches conduites au Maroc ont constatés que l'apprentissage et l'enseignement des sciences comme pour la chimie maintient son caractère traditionnel [4,5]. C'est-à-dire qu'il est en grande partie basé sur l'approche traditionnelle de transmission des contenus scientifiques par l'enseignant, sur l'apprentissage par cœur et par répétition des concepts de la part des apprenants et sur des exercices de résolution de problèmes suivant des méthodologies algorithmiques proposées par l'enseignant qui transforme l'enseignement en une course à boucler le programme.

L'enseignement est également conditionné par les manuels scolaires, les polycopies de cours produits par les enseignants et les cours du soir ou de soutiens qui insistent sur l'aspect quantitatif du savoir plutôt que sur le développement du raisonnement logiques et critiques des élèves. Pour plus de détails nous avons réalisés des discussions « WhatsApp » sur l'écologie de l'enseignement de la chimie avec quelques parents et enseignants des matières scientifiques. Durant ces débats j'ai constaté que plusieurs enseignants et parents sont encours convaincus que les activités et les exercices de résolution de problèmes d'une façon algorithmique sont quasi-équivalents à l'enseignement des concepts scientifiques et que les habiletés et les compétences de calcul et de résoudre des problèmes conduits à l'apprentissage des concepts scientifiques [6].

Deux axes problématiques ont guidé cette étude, celle de mon travail de thèse Intitulé : Apprentissage des sciences physiques et chimiques avec un environnement multimédia : Situation d'apprentissage et genèse instrumentale des apprenants. La deuxième problématique particulière consiste à réaliser une analyse praxéologie des rapports personnels à un objet de savoir, chez les étudiants marocains en 1^{ère} année de la faculté de sciences et techniques de Settat (FSTS), relatif aux réactions acido-basiques en solution aqueuse, du point de vue praxéologie issu de la Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD) [7,8,9,10,11]. Nous présentons dans le paragraphe suivant les fondements et les concepts constitutifs et primitifs de la Théorie Anthropologique de la Didactique (TAD), En particulier, le modèle praxéologique en chimie.

2. MATERIELS AND METHODES

2.1 Cadre théorique

La théorie anthropologique du didactique (TAD), introduite en didactique des mathématiques par Yves Chevallard depuis les années 90, fournit un cadre théorique aux recherches sur les activités cognitives complexes, notamment celles qui relèvent des sciences et des techniques. La TAD est l'outil de modélisation et d'analyse de ces activités humaines, qui permettent de contrôler les assujettissements implicites que toute institution porte sur les pratiques qu'elle abrite, Outre le fait que l'étude des rapports personnels à des objets particuliers de savoir chimique n'a pas fait l'objet de recherches au Maroc, l'emprunt au cadre de la TAD à cette fin est également inédit, c'est pourquoi nous proposons d'argumenter le choix d'une telle démarche par rapport aux travaux parus dans la bibliographie scientifique.

Le concept de rapport personnel à un objet est très large [13,14], il contient deux dimensions essentielles qui permettent de mieux le préciser, le concept de rapport à un objet de savoir renvoie à tout ce qu'un individu pense ou fait avec ou concernant cet objet de savoir. L'enseignement et les objets de savoir sont inscrits dans différentes institutions qui permettent et imposent une manière de faire et de penser propre [12].

L'analyse des rapports sous l'angle praxéologie de la Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD) permet de mieux circonscrire l'objet d'étude : les praxéologies sont un moyen de modéliser les rapports d'un apprenant dans une institution à partir de son action que l'on peut décrire à partir de ses gestes et de ses productions en prenant en compte ce qui justifie et légitime cette action. Les rapports sont par définition tirés de la pratique, que ce soit à travers les gestes (tâches, techniques) ou par induction à partir de ces pensées (point de vue technologies et/ou théories), alors que les études sur les points de vue reposent essentiellement sur des éléments déclaratifs. Nous nous attachons ainsi à comprendre l'activité de l'apprenant en classe en lien avec son rapport à des savoirs chimiques, en étudiant les praxéologies qui nous permettent d'accéder à la composante de ce rapport personnel qu'il rend publique dans cette institution.

La Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD) suppose que le fonctionnement de systèmes disciplinaires et didactiques est conditionné par celui des institutions (université, école, enseignant, manuel,...) de la société dans laquelle ces systèmes prennent place. De ce point de vue, l'étude de la chimie sera considérée comme une activité humaine s'insérant parmi d'autres activités au sein des institutions sociales.

L'approche TAD propose une forme particulière de comprendre les processus d'enseignement en relation avec des rapports personnels à des objets de savoir mis en jeu au sein d'institutions. L'utilisation de ce cadre théorique présente des avantages à la fois sur le plan interprétatif dans la prise en compte de la dimension institutionnelle constitutive de l'action didactique pour décrire l'organisation du savoir au sein d'une institution, les activités des sujets attendues par l'institution et même les comportements erronés ou non attendus par l'institution, ainsi les erreurs d'étourderie ou de dérapage ponctuel ne sont pas considérés.

Sur le plan méthodologique, cette approche permet de questionner, les praxéologies disciplinaires mis à l'étude par l'institution, les praxéologies didactiques dans le cadre d'interactions entre les membres de l'institution. Sur le plan informatique, le modèle praxéologique me semble adéquat pour une implémentation informatique et donc à une modélisation informatique des connaissances. Sur le plan épistémologie ou nature des sciences au sens anglophone, la Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD) considère la connaissance (chimique, mathématique,...) comme une activité humaine s'insérant parmi d'autres activités au sein des institutions sociales, et qu'elle soit donc sensible à tout ce qui, affectant ces pratiques, affecte les moyens d'accès, les contenus et les formes de cette connaissance [13,15,16], nous proposons de rappeler les principaux concepts mobilisés dans ce cadre théorique.

2.1.1 Modèle Praxéologie chimique

La théorie anthropologie du didactique (TAD) propose d'analyser l'activité humaine (chimique, physique,...) sous ses diverses formes (production écrite ou orale, enseignement, apprentissage...) à travers un modèle général désigné par modèle au organisation praxéologique (OP) qui s'intéresse à la façon dont un être humain, au sein d'une institution, résout une type de tâche donnée (comme : ouvrir la fenêtre, résoudre du second degré, calculer l'avancement final x_f d'une réaction, exprimer le quotient de réaction Q_R ,...etc). La notion de praxéologie a été utilisée dans plusieurs travaux antérieurs pour caractériser le rapport institutionnel, déterminer l'organisation disciplinaire de référence et étudier les organisations didactiques [16].

Le modèle praxéologie s'intéresse particulièrement, d'une part, sur les techniques qui permettent d'accomplir les types de tâches, en mettant en évidence la pluralité des techniques existantes pour un même type de tâches que masque l'assujettissement à un système d'enseignement. Il s'intéresse aussi sur la fonction technologique du savoir comme fonctions de production, de justification et d'intelligibilité des techniques, et qui met notamment en évidence un système de conditions et de contraintes agissant sur la présence ou l'absence de telle technique, dans une telle institution.

Une praxéologie ne désigne donc pas l'étude de la pratique humaine mais la « science », personnelle ou institutionnelle, d'une certaine pratique. Elle est ainsi relative à la personne qui met en œuvre cette praxéologie ou à l'institution au sein de laquelle cette praxéologie peut vivre. Les praxéologies sont un modèle fondamental qui permet d'appréhender les objets de savoirs, d'étudier leurs transformations, de rendre compte de ce qui se fait dans telle institution avec ces objets et rend explicite le modèle épistémologique de référence qui nourrit les analyses des phénomènes de transposition [10, 11, 12].

Une organisation praxéologie désigne un quadruplet (4T), noté $[T/\tau/\theta/\Theta]$, formée d'une part d'une tâche et de la technique correspondante pour la réaliser à bien et d'autre part des technologies et des théories correspondantes. En toute institution, l'activité des personnes occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T , accomplies au moyen d'une certaine manière de faire ou technique τ , le couple $[T/\tau]$ constitue un savoir-faire. Mais un tel savoir-faire ne saurait vivre à l'état isolé, il appelle un environnement technologico-théorique $[\theta/\Theta]$ ou savoir, formé d'une technologie θ , discours rationnel pour justifier et rendre légitime la technique, et à son tour justifié et éclairé par une théorie Θ . Autrement, une théorie Θ peut justifier un ensemble de technologies θ_j dont chacune à son tour justifie et rend intelligibles plusieurs techniques τ_{ji} correspondant à autant de types de tâches T_{ji} [7-12]. Lorsque les types de tâches T relèvent de la chimie, on parle de praxéologie ou d'organisation chimique et lorsque les types de tâches T sont des types de tâches d'étude on parle de praxéologie ou d'organisation didactique.

2.1.2 Type de tâche (T) et tâches (t)

Le système de tâches concerne toutes les activités d'une personne que ce soit routinières ou problématiques. Effectivement « *A la racine de la notion de praxéologie se trouve les notions solidaires de tâche, t, et de type de tâches T, on écrira parfois : $t \in T$. Dans la plupart de cas, une tâche (et le type de tâches parent) s'exprime par un verbe : balayer le sol, réécrire l'expression littérale donnée, multiplier un entier par un autre ...* » [11].

«*Au point de départ, il y a la notion de type de tâches, T. Rappelons seulement, ici, que les tâches auxquelles on se réfère se découpent dans toute la diversité de l'activité humaine. Résoudre une équation du second degré* » [12].

Soit par exemple la tâche t qui consiste à équilibrer l'équation chimique suivantes : $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ (1)

Il s'agit d'une tâche t relevant du type de tâches T « équilibrer une équation chimique ».

2.1.3 Technique (τ)

Ce qui permet la réalisation d'une tâche, c'est la maîtrise d'une technique, «En toute institution, l'activité des personnes occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T, accomplis au moyen d'une certaine manière de faire, ou technique, τ » [10]. « Cette technique pourra varier dans le temps, mais aussi de pays à pays, et, plus généralement d'institution à institution » [12].

Une technique τ standard pour réaliser la tâche t donnée ci-dessus consiste à procéder ainsi : Equilibrer ou pondérer une équation chimique, c'est utiliser des coefficients stœchiométriques adéquats pour qu'il y ait conservation des éléments chimiques et de charge électrique du côté des réactifs et des produits.

Soit l'équation (1) non-équilibrée : $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

L'équation équilibrée est : $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$ (2)

Soulignons que pour un même type de tâche, il peut exister plusieurs techniques dont certaines peuvent être plus efficaces que d'autres selon le type de tâches proposé. Par exemple, pour notre type de tâche « équilibrer une équation chimique » possède plusieurs techniques : la méthode algébrique, la méthode des demi-réactions, la méthode de conservation des atomes et des charges...

2.1.4 Technologie (θ)

En réalité une technologie est chargée de deux fonctions, une fonction de justification de la technique et une fonction explicative, «...un discours rationnel (logos) sur la technique τ, discours ayant pour objet premier de justifier rationnellement la technique τ, en nous assurant qu'elle permet bien d'accomplir les tâches du type T, c'est-à-dire de réaliser ce qui est prétendu » [12]. Comme technologie θ pouvant légitimer les techniques utilisées dans la réalisation de la tâche t, on peut citer la méthode générale : La loi de la conservation de la masse (ou la loi de Lavoisier) : Dans une réaction chimique, la masse totale des produits est toujours égale à la masse totale des réactifs.

2.1.5 Théorie (Θ)

C'est le discours rationnel qui a pour objectif de légitimer et de justifier la technologie. « *A son tour, le discours technologique contient des assertions, plus ou moins explicites, dont on peut demander raison. On passe alors à un niveau supérieur de justification-explication-production, celui de la théorie...* » [12].

Une théorie Θ pouvant être à l'origine de la technologie d'équilibrer les équations chimiques est la théorie générale des équilibres chimiques (Réactions chimiques en solution aqueuse, les équilibres acido-basiques, les équilibres de précipitation, les équilibres de complexation, etc.).

2.1.6 Modèle praxéologie personnel

Le modèle praxéologique personnel a été introduit pour décrire le rapport personnel, y compris, parfois, quand celui-ci n'est pas conforme ou inadapté au rapport institutionnel de référence, en particulier ses connaissances erronées. La caractérisation de ces praxéologies (organisation) chimique apprises par l'apprenant permet d'identifier les technologies dominantes mobilisées, elle apporte aussi des explications sur les techniques utilisées par les élèves et les étudiants qu'elles soient conformes, erronées ou inadaptées pour une l'institution [17,18,19]. Ainsi quelques études [20] proposent de classer les techniques mises en œuvre suivant les rapports personnels que les apprenants entretiennent avec celles-ci :

- ✓ Techniques invisibles : l'apprenant est dans un rapport d'action, il produit une réponse à la tâche ;
- ✓ Techniques faibles : l'apprenant est non seulement dans un rapport d'action mais aussi dans un rapport de formulation, c'est-à-dire il produit une réponse en manipulant des outils symboliques et des représentations langagiers normalisés ;
- ✓ Techniques fortes : l'apprenant est dans un rapport d'action, dans un rapport de formulation et éventuellement dans un rapport de validation, il manipule des représentations et il justifie aussi cette technique, il formule un discours rationnel sur la pertinence des représentations utilisées, qui sont des systèmes de notations et les notions associées et la justification devient travail de la consistance d'une théorie.

L'utilisation de cette classification des techniques est dialectique entre l'existence, la place et le rôle des éléments technologico-théoriques associés. Pour cela, Wozniak [21] propose de classer les praxéologies selon le type de technique mise en jeu on :

- ✓ Une praxéologie muette lorsqu'elle se donne à voir uniquement à travers sa composante praxis et seule la technique mise en œuvre dans un rapport d'action est visible ;
- ✓ Une praxéologie faible laisse entrevoir le composant logos au travers des ostensifs associés à la technique mise en œuvre mais le discours technologique reste limité à la seule description de la technique dans un rapport de formulation non encore abouti ;
- ✓ Enfin, une praxéologie forte met en œuvre dialectiquement les deux composantes praxis et logos dans des rapports d'actions, de formulation et de validation.

Pour des raisons problématique et méthodique, nous utilisons ces deux classements dans notre analyse.

2.1 Méthodologie

Pour le besoin de notre travail de recherche, nous avons élaboré un questionnaire sous forme de problème formé de trois parties mettant en œuvre le produit ionique de l'eau, la réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau, l'évolution d'un mélange d'acide éthanóïque. Nous avons procédé à une analyse a priori, d'un part de la partie du programme Marocain sur laquelle porte le thème réactions acido-basiques en solution aqueuse, et d'autre part des tâches prescrits, ensuite nous recueillons les données à partir des productions écrites des étudiants issus de ses réponses aux questions de problème, et les avons analysées sous l'angle des praxéologies personnelles.

2.1.1 Analyse a priori dans le programme universitaire et scolaire Marocain

L'enseignement des concepts relatifs aux réactions acido-basiques en solution aqueuse occupe une place importante à tous les niveaux de l'enseignement de la chimie. Il débute au collège avec leur identification à l'aide du papier pH et des indicateurs colorés et leurs actions sur les matériaux. Au lycée qualifiant marocain, la modélisation selon Bronsted des réactions acide-base comme réactions impliquant des transferts de protons, l'identification des acides et des bases contenus dans des produits de la vie courante : vinaigre, détartrant, déboucheur de canalisations, etc. Ces notions sont enseignées en première année du Baccalauréat scientifique pour toutes les filières, lors de l'introduction des dosages (ou titrages) directs, et ces réactions servent de support à l'introduction des transformations chimiques qui ont lieu dans les deux sens, des équilibres chimiques d'un système et pour l'introduction des transformations associées à des réactions acido-basiques en solution aqueuse en deuxième année du Baccalauréat scientifique.

En deuxième année du Baccalauréat scientifique, technique et professionnel, dans le cadre du modèle de Bronsted, l'étude des équilibres chimiques relatif aux réactions acide-base est une occasion pour introduire le concept quotient de réaction Q_r et la constante d'équilibre K associée à l'équation d'une réaction, à une température donnée. Les élèves doivent par exemple être capables d'appliquer la loi d'action de masse aux réactions acide base $A_1 + B_2 \rightleftharpoons A_2 + B_1$. Le sens d'évolution du système étant prévu par comparaison du quotient de réaction Q_r à la valeur de la constante K à l'équilibre. Une constante d'équilibre K_e associée à l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau, Une constante d'acidité K_A associée à l'équation de la réaction d'un acide avec l'eau et la constante d'équilibre K associée à l'équation d'une réaction acido-basique à l'aide des constantes d'acidité sont introduites. Les expressions donnant le pH de solutions d'acides ou de bases, en fonction de la constante d'acidité K_A et de la concentration initiale de la solution sont ensuite établies. Puis sont présentés les indicateurs colorés, leur rôle et leur zone de virage définie par rapport à leur pK_A .

Enfin, elles sont étudiées diverses courbes de suivi pH métrique de titrages de monoacides ou de monobases, à cette occasion le point équivalent est défini comme étant « le point où les quantités d'acide et de base introduites sont équivalentes », et donc $n_A = n_{BE}$, soit $C_A V_A = C_B V_{BE}$, les indicateurs colorés passent du statut d'objet d'étude, en tant que couples acide-base conjugués dont on détermine les constantes d'acidités K_A et pK_A , à celui d'outil pour le repérage du pH de l'équivalence.

En premier cycle universitaire, les savoirs enseignés en secondaire qualifiant, bien que supposés acquis par les étudiants, ils sont repris et approfondis à l'université aussi bien sur le plan théorique (Cours et Travaux dirigées) que sur le plan expérimental (Travaux Pratiques).

2.1.2 Analyse praxéologique des types de tâches Ti

Avant de commencer l'analyse praxéologie, on admet que chacun de types de tâches est mis en place par plusieurs techniques $\Sigma \tau_i$, mais une seule technique τ_i sera acceptée par l'institution I , ils constituent les organisations praxéologiques ponctuelles institutionnelles relatives au type de tâches prescrite. Pour l'analyse praxéologique nous optons pour le modèle de découpage des tâches prescrites par des sous-tâches t_{ij} reconnues institutionnellement et qui permet donc de mieux comprendre les productions des étudiants dans la mise en place d'une technique. Le but est de faire apparaître ce qui nous semble être juste pour la description de la technique.

T₁ : Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C

Pour le type de tâches T_1 : « Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C », l'étudiant est censé d'utiliser le formalisme de la constante d'équilibre K_e associée à la réaction d'autoprotolyse de l'eau et en tenant compte les constantes d'acidités des couples en présence. Ainsi la technique τ_1 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit :

Pour le couple H_2O/OH^- la constante d'acidité s'écrit : $pK_{A3} = 14$

L'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau : $2H_2O = OH^- + H_3O^+$ (3)

Donc la constante d'équilibre vaut :

$$K = K_A = K_e = 10^{-14} \quad (4)$$

Nous proposons dans le tableau 1 le découpage des types de tâches prescrites.

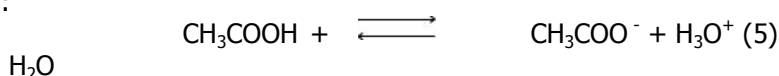
Tableau 1 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{11} à t_{13} , la technique τ_1 correspond à $(t_{11}; t_{12}; t_{13})$, ce qui peut être une attente de l'institution.

Découpage de la mise en œuvre de	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_1
$pK_{A3} = 14$	t_{11} : Utiliser la constante d'acidité du couple H_2O / OH^-
$2H_2O = OH^- + H_3O^+$	t_{12} : Ecrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau
$K_e = K_{A3} = 10^{-14}$	t_{13} : Ecrire la constante d'équilibre et la comparée à la constante d'acidité du couple H_2O / OH^-

T₂ : Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau

Pour le type de tâches T_2 : « Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau », la technique τ_2 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit :

Dans une réaction acido-basique, l'acide d'un couple acido-basique réagit toujours avec la base d'un autre couple acido-basique, donc l'acide du couple acido-basique $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ réagit avec la base du couple H_3O^+ / H_2O selon l'équation (5) :



Nous proposons dans le tableau 2 le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 2 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{21} à t_{23} , la technique τ_2 correspond à $(t_{21}; t_{22}; t_{23})$, ce qui peut être une attente de l'institution.

Découpage de la mise en œuvre de τ_2	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_2
L'eau peut jouer le rôle d'une base ou d'un acide selon le milieu dans lequel il se trouve. Ici CH_3COOH_{aq} est l'acide donc l'eau est la base du couple H_3O^+ / H_2O	t_{21} : Définir un acide et une base au sens de Brönsted
$H^+ + H_2O = H_3O^+$	t_{22} : Ecrire les deux demi-équations mises en jeu
$CH_3COOH = H^+ + CH_3COO^-$	
$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$	t_{23} : Additionner les deux demi-équations pour déduire l'équation de la réaction

T₃ : Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ dans la solution

Pour le type de tâches T_3 : « Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ dans la solution », la technique τ_3 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit : Pour déterminer les domaines de prédominance en fonction du pH, on compare le pH d'une solution aqueuse contenant un acide A et sa base B avec son pK_A , ainsi :

Si $pH = pK_A$ l'acide et la base conjuguée ont la même concentration ;

Si $pH > pK_A$ la base B est l'espèce prédominante ;

Si $pH < pK_A$ l'acide A est l'espèce prédominante.

Dans la solution S_1 , le $pH = 2,9$, et comme $pH = 2,9 < pK_{A1}$, l'acide éthanóïque (CH_3COOH) prédomine.

Nous proposons dans le tableau 3 le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 3 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{31} à t_{32} , la technique τ_3 correspond à $(t_{31}; t_{32})$, ce qui peut être une attente de l'institution.

Découpage de la mise en œuvre de τ_3	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_3
Si $pH = pK_A$ l'acide et la base conjuguée ont la même concentration ;	t_{31} : utiliser le diagramme de prédominance de l'acide et de la base
Si $pH > pK_A$ la base B est l'espèce prédominante ;	
Si $pH < pK_A$ l'acide A est l'espèce prédominante.	
le $pH = 2,9$, et comme $pH = 2,9 < pK_{A1}$, l'acide éthanóïque (CH_3COOH) prédomine.	t_{32} : Appliquer la règle de prédominance à l'acide éthanóïque et sa base conjuguée

T₄ : Calculer le taux d'avancement final τ .

Pour le type de tâches T_4 : « Calculer le taux d'avancement final τ », la technique τ_4 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit :

Le taux d'avancement τ est défini par comparaison de l'avancement final x_f à l'équilibre avec l'avancement maximal x_{max} qui correspondrait à la valeur de l'avancement si la transformation est totale, il s'écrit : $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

Pour la réaction étudiée :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].V}{C.V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C} = 0.13 \quad (6)$$

Soit 13% des molécules d'acide éthanóïque ont été dissociées.

Nous proposons dans le tableau 4 le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 4 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{41} à t_{42} .

La technique τ_4 correspond à $(t_{41}; t_{42}; t_{43})$, ce qui peut être une attente de l'institution

Découpage de la mise en œuvre de τ_4	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_4
$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$	t_{41} : appliquer le taux d'avancement τ
$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].V}{C.V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$	t_{42} : développer le taux d'avancement τ pour la réaction étudiée
$\tau = \frac{10^{-2,9}}{1,0.10 - 2} = 0,13$	t_{43} : calculer le taux d'avancement τ pour la réaction étudiée

T_5 : Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial

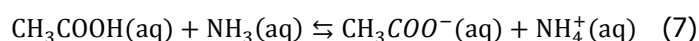
Pour le type de tâches T_5 : «Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial», la technique τ_5 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit :

Le quotient de réaction Q_r (sans unité), associé à la réaction : $a.A_{(aq)} + b.B_{(aq)} \rightleftharpoons c.C_{(aq)} + d.D_{(aq)}$

Il est défini par la relation : $Q_r = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$

Dans cette expression, il ne faut pas tenir compte du solvant s'il apparaît dans l'écriture de la réaction.

Dans la réaction étudiée :



Le quotient de réaction à l'état initial est défini par : $Q_{r,i} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_i.[\text{NH}_4^+]_i}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_i.[\text{NH}_3]_i}$ (8)

Les ions ammonium et acétate ne sont pas apportés initialement donc : $Q_{r,i} = 0$

Nous proposons dans le tableau 5 le découpage des types de tâches prescrites.

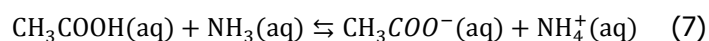
Tableau 5 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{51} à t_{53} . La technique τ_5 correspond à $(t_{51}; t_{52}; t_{53})$, ce qui peut être une attente de l'institution.

Découpage de la mise en œuvre de τ_5	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_5
$Q_r = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$	t_{51} : Etablir l'expression latérale du quotient de réaction Q_r
$Q_{r,i} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_i.[\text{NH}_4^+]_i}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_i.[\text{NH}_3]_i}$	t_{52} : Appliquer l'expression latérale du quotient de réaction à la réaction étudiée
$Q_{r,i} = 0$	t_{53} : Calculer numériquement le quotient de réaction en tenant en compte du fait que les ions ammonium $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ et acétate $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ ne sont pas apportés initialement

T_6 : Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction

Pour le type de tâches T_6 : «Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction», la technique τ_6 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit : le quotient de réaction $Q_{r,\text{eq}}$ à l'état d'équilibre d'un système prend une valeur, indépendante de la composition initiale, nommée constante d'équilibre et notée : $K = Q_{r,\text{eq}}$

Pour la réaction entre l'acide éthanóïque et la base ammoniac :



On écrit la constante d'équilibre associée à la réaction :

$$K = Q_{r,\text{eq}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}}.[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}}.[\text{NH}_3]_{\text{eq}}} \quad (9)$$

On multiplie par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ le numérateur et le dénominateur de l'expression de K pour retrouver l'expression de K_{A1} et de $\frac{1}{K_{A2}}$:

$$Q_{r,\text{eq}} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = \frac{10^{-4,7}}{10^{-9,2}} \quad (10)$$

Soit : $Q_{r,\text{eq}} = 3,2.10^4$

Nous proposons dans le tableau 6 le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 6 : Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{61} à t_{64} . La technique τ_6 correspond à (t_{61} ; t_{62} ; t_{63} ; t_{64}), ce qui peut être une attente de l'institution.

Découpage de la mise en œuvre de τ_6	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_6
$K = Q_{r,eq}$	t_{61} : Définir la constante d'équilibre k par rapport au quotient de réaction à l'équilibre
$K = Q_{r,eq} = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [NH_4^+]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} \cdot [NH_3]_{eq}}$	t_{62} : Appliquer l'expression latérale du quotient de réaction à l'équilibre à la réaction étudiée
$Q_{r,eq} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = \frac{10^{-4,7}}{10^{-9,2}}$	t_{63} : Développer l'expression de la constante d'équilibre on multipliant par $[H_3O^+]_{eq}$ le numérateur et le dénominateur
$Q_{r,eq} = 3,2 \cdot 10^4$	t_{64} : Calculer numériquement la constante d'équilibre

3. RESULTS

Dans ce paragraphe nous allons présenter les résultats issus des productions de 81 étudiants relatives aux quatre types de tâches parmi six tâches demandées pour ne pas alourdir le présent travail, et pour chaque type de tâches nous donnerons dans un tableau le nombre de réponse et la fréquence relative accompagné de commentaire et des exemples de techniques de justification. Nous terminons ce paragraphe par une évaluation des techniques mises en œuvre par les étudiants.

T₁ : Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C

Nous présentons dans le tableau 7 les différentes catégories de productions relatives à la tâche **T₁**, la réponse attendue est celle en B.

Tableau 7 : Le produit ionique de l'eau à 25°C.

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A : $K_e = \frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = 10^{-14}$	0	0,0
B : $K_e = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$	80	99
C : $K_e = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 10^{-7}$	0	0,0
D : Je ne sais pas répondre	1	1
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	12	15
Total techniques «erronée ou inadaptée»	69	85
Total	81	100

La première remarque qui s'impose est que, quatre-vingt étudiants (99%) sont capables d'en donner une symbolisation correcte de la constante d'équilibre K_e associée à la réaction d'autoprotolyse de l'eau. La deuxième remarque est que parmi ces quatre-vingts techniques de justifications, douze techniques (15%) peuvent considérés comme acceptables et conformes par l'institution, alors que soixante-neuf étudiants (85%) ont données des techniques de justifications erronées ou inadaptées.

Exemple de techniques de justification

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix :
 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \Rightarrow K_e = [H_3O^+] \cdot [OH^-] \text{ avec } [H_2O] = 1$
 $pK_e = 14 = -\log K_e = -\log 10^{-14}$

Figure 2: Exemple de production de l'étudiant 1

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix : en a la réaction d'autoprotolyse
 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \text{ donc } K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$ et pour que
 $[H_2O] = 1$ donc $K = [H_3O^+][OH^-]$
 $\Rightarrow K_e = [H_3O^+][OH^-]$ car la réaction d'autoprotolyse est une réaction réversible
 $[H_3O^+] = [OH^-]$ et $pH = 7$ et
 $K_e = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$

Figure 3 : Exemple de production de l'étudiant 2

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix : $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$
 a. $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ l'équation bilan : $2\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$
 On a K est définie par : K est la concentration des produits sur la concentration
 des réactifs donc $K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 10^{-4}$
 = 10^{-14}

Figure 4: Exemple de production de l'étudiant 3.

T₂ : Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau.

Nous présentons dans le tableau 8 les différentes catégories de productions relatives à la tâche T₂, la réponse attendue est celle en A.

Tableau 8 : Réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau.

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	80	99
B : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_3\text{O}^+ = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$	0	0
C : $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_3\text{O}^+$	1	1
D : Je ne sais pas répondre	0	0
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	26	32
Total techniques «erronée ou inadaptée»	55	68
Total	81	100

Pour cette question nous observons aussi que tous les étudiants (99%) ont bien choisis la symbolisation correcte de l'équation de réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau, mais seulement vingt-six étudiants (32%) sont capables de donner une justification correcte conformément au formalisme attendus par l'institution de l'équation de la réaction associée à une transformation acido-basique en tenant en compte des deux demi équation du couple mise en jeu. Cinquante-cinq étudiants (68%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée.

Exemple de techniques de justification :

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix : L'acide éthanóïque est :
 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
 $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+$
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}^+$
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Figure 5 : Exemple de production de l'étudiant 5.

en justifiant votre choix : CH_3COOH va réagir avec H_2O afin de
 donner CH_3COO^- et H_3O^+ c'est une réaction acido-basique car il y a échange
 des H^+ entre l'acide d'un couple avec la base de l'autre couple

Figure 6: Exemple de production de l'étudiant 6.

La bonne réponse en justifiant votre choix :
 durant la réaction l'acide éthanóïque va perdre un proton H^+ (parce que c'est
 un acide) alors H_2O va capter un proton H^+ parce que H_2O c'est une base

Figure 7: Exemple de production de l'étudiant 6.

T₃ : Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}$ dans la solution

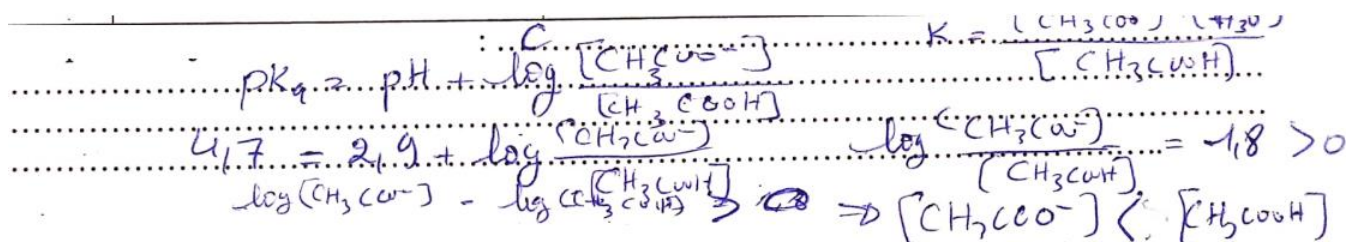
Nous présentons dans le tableau 9 les différentes catégories de productions relatives à la tâche prescrite, la réponse attendue est celle en C.

Tableau 9 : Le diagramme de prédominance du couple acide éthanóïque / ion éthanóate.

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A : CH_3COO^-	10	12
B : CH_3COOH et CH_3COO^-	14	17
C : CH_3COOH	49	61
D : Je ne sais pas répondre	8	10
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	18	22
Total techniques «erronée ou inadaptée»	31	38
Ecritures non justifiées	32	40
Total	81	100

On constate que quarante-neuf étudiants (61%) qui ont établi la catégorie de réponse « l'acide **CH₃COOH qui prédomine** » contre vingt-quatre étudiants (29%) qui ont choisis comme la catégorie de réponse, soit la base conjuguée CH₃COO⁻, soit la base et l'acide CH₃COOH et CH₃COO⁻, huit étudiants (10%) ne savent pas comment répondre. Pour les techniques de justification de réponse, on constate que parmi les quarante-neuf étudiants (61%) seulement dix-huit étudiants (22%) sont capable de justifier leurs réponses, et trente-un étudiants (38%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée alors que trente-deux étudiants (40%) ne savent pas comment justifier leurs réponses.

Exemple de technique de justification



Handwritten student work for Figure 8:

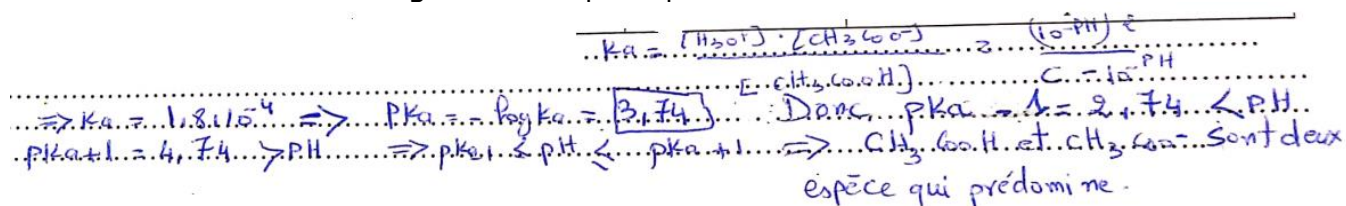
$$pK_a = pH + \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$4,7 = 2,9 + \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$\log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = 1,8 > 0$$

$$\Rightarrow [CH_3COOH] > [CH_3COO^-]$$

Figure 8 : Exemple de production de l'étudiant 7.



Handwritten student work for Figure 9:

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$K_a = 1,8 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pK_a = -\log K_a = 3,74$$

$$pK_a + 1 = 4,74 > pH \Rightarrow pK_a < pH < pK_a + 1 \Rightarrow CH_3COOH \text{ et } CH_3COO^- \text{ sont deux espèces qui prédominent.}$$

Figure 9 : Exemple de production de l'étudiant 8.

On a CH₃COOH est un acide faible donc les espèces sont CH₃COOH et CH₃COO⁻

Figure 10 : Exemple de production de l'étudiant 9

T₄ : Calculer le taux d'avancement final τ

Nous présentons dans le tableau 10 les différentes catégories de réponses relatives à la question, la réponse attendue est celle en C.

Tableau 10 : Le taux d'avancement final τ

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A : τ ₁ =1	7	9
B : τ ₁ =0,5	1	1
C : τ ₁ =0,13	57	70
D : Je ne sais pas répondre	16	20
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	37	45
Total techniques «erronée ou inadaptée»	28	35
Total techniques non justifié	16	20
Total	81	100

On constate que cinquante-sept étudiants (70%) qui ont établi la catégorie de réponse « τ₁=0,13 » contre vingt-quatre étudiants (10%) qui ont choisis comme la catégorie de réponse, « τ₁=1 ou τ₁=0,5 » et seize étudiants (20%) ne savent pas comment répondre. Pour les techniques de justification de réponse, on constate que parmi les cinquante-sept étudiants (70%) seulement trente-sept étudiants (45%) sont capable de justifier leurs réponses, et vingt-huit étudiants (35%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée alors que seize étudiants (20%) ne savent pas comment justifier leurs réponses.

4. DISCUSSION

Evaluation des techniques mises en œuvre par les étudiants

Un premier niveau de diagnostic consiste à regrouper dans un même tableau et pour chaque type de tâches T_i le total étudiants «Symbolisation attendu ; technique conforme ; technique erronée ou inadaptée ; technique non justifiée ». Ce

constat consiste à situer la technique mise en œuvre par les étudiants par rapport aux techniques correctes de l'organisation chimique (OC) « le savoir savant » de référence et par rapport aux techniques attendue par l'institution « programme scolaire ou universitaire, enseignant,... ».

Tableau 11 : Total étudiants «Symbolisation attendu ; technique conforme ; technique erronée ou inadaptée ; technique non justifiée ».

Type de tâches	T_1	T_2	T_3	T_4
Total : Symbolisation « attendu »	80	80	61	57
Total : techniques «conforme»	12	26	22	37
Total : techniques «erronée ou inadaptée	69	55	38	28
Total : techniques « non justifié »	0	0	40	16

Ce niveau d'évaluation diagnostique nous permet de classer les étudiants selon le statut de leur rapport personnel technique aux tâches prescrites. Nous obtenons donc :

Tableau 12 : Evaluation des étudiants selon le statut de leur rapport personnel technique aux tâches prescrites.

Catégorie Etudiants(CE)	« Symbolisation attendu »	« technique conforme »	« technique erronée ou inadaptée »	« technique non justifiée »
CE1	Oui	Oui	Non	Non
CE2	Oui	Non	Oui	Non
CE3	Oui	Non	Non	Oui
CE4	Non	Non	Non	Non

Cas où l'évaluation de la technique est : CE₁ (Oui, Oui, Non, Non)

Il s'agit des étudiants capables d'en donner une symbolisation correcte de la tâche prescrite avec utilisation des techniques «conforme» et qui ont manifestés un rapport personnel conforme au rapport institutionnel. Ces étudiants sont dans un rapport d'action, dans un rapport de formulation et éventuellement dans un rapport de validation, la technique mobilisée est considérée comme forte.

Cas où l'évaluation de la technique est : CE₂ (Oui, Non, Oui, Non)

Il s'agit des étudiants qui ont donnés une symbolisation correcte de la tâche prescrite mais ils ont mobilisés une technique erronée ou inadaptée lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants est non seulement dans un rapport d'action mais aussi dans un rapport de formulation et la technique mobilisée est considérée comme faible.

Cas où l'évaluation de la technique est : CE₃ (Oui, Non, Non, Oui)

Il s'agit des étudiants qui ont donnés une symbolisation correcte de la tâche prescrite mais ils n'ont pas mobilisés une technique lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants est seulement dans un rapport d'action et la technique mobilisée est considérée comme muette ou invisible.

Cas où l'évaluation de la technique est : CE₄ (Non, Non, Non, Non)

Il s'agit des étudiants qui n'ont donnés aucune symbolisation de la tâche prescrite et ils n'ont pas mobilisés une technique lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants avec la tâche non encore abouti.

5. CONCLUSION

Pour conclure notre travail, nous avons utilisés le modèle praxéologique pour analyser le rapport personnel des étudiants Marocains, y compris les difficultés, quand celui-ci n'est pas conforme au rapport de référence institutionnel, en particulier ses connaissances erronées. L'analyse des productions des étudiants nous a permis de caractériser les organisations chimiques (OC) apprises par l'apprenant afin de mettre en place de parcours différenciés. La caractérisation de ces OC apprises permet d'identifier les technologies dominantes mobilisées qui apportent des explications sur les techniques utilisées par les élèves qu'elles soient attendues, erronées ou inadaptées. L'utilisation de la praxéologie comme modèle et cadre théorique pour l'analyse de rapport ou organisation personnel nous a permis de remettre en place les phénomènes suivants :

- L'utilisation d'une technique scientifiquement valide peut conduire à des erreurs, par exemple les erreurs de calculs numériques qui interviennent dans une technique de résolution d'un type de tâches ;
- Certaines erreurs peuvent être dues à une non-maîtrise de techniques indispensables à la résolution de certaines tâches rencontrées lors de la mise en œuvre d'une technique valide ;

- Les erreurs peuvent aussi provenir de l'utilisation de techniques valides sur un champ plus restreint, étendues "abusivement", ou de la mise en œuvre d'une technique scientifiquement valide, mais non adéquate institutionnellement ;
- Le refuge à faire des calculs mathématique montre la difficulté à comprendre le système réactionnel mis en jeu ;
- Manque de richesse conceptuel dans les techniques de justification ;
- L'écriture de l'équation chimique se réduit à une équation bilan sans interprétation microscopique des entités chimiques ;
- Difficultés lors de l'identification de différentes entités chimiques présentes en solution.

7. Perspectives

Nous proposons d'élargir l'étude sur d'autres évolutions et avancées de la TAD comme la notion de Parcours d'Etude et de Recherche (PER), qui est née hors de la classe de mathématiques en relation avec la notion « institutionnelle ». Les modèles épistémologiques de références dominant, les ostensifs / non ostensifs (Bosch et Chevallard, 1999), la notion de « sensibilité clés » nous semble pertinente pour comprendre le développement et l'évolution d'un cadre théorique de façon interne et dans ses articulations avec d'autres cadres théoriques.

Annexe 1 : Liste des acronymes

Acronyme	Signification
FSTS	Faculté sciences et techniques de Settat
OC	organisations chimiques
TAD	Théorie de l'Anthropologie Didactique
OP	organisation praxéologique
x_f	Avancement final
Q_R	Quotient de réaction
[T/ τ / θ / Θ]	Le quadruplet (4T)
T	Types de tâches
τ	Technique
[T/τ]	Praxi ou Savoir faire
θ	technologie
[θ/Θ]	Logos ou savoir
Θ	Théorie
Q_r	Quotient de réaction
K_A	Constante d'acidité
pK_A	Constante d'acidité avec : $pK_A = -\log K_A$
n_A ou n_B	Quantités de matières
C_A, C_B	Concentrations molaires
V_A, V_{BE}	volumes
PER	Parcours d'Etude et de Recherche

8. REFERENCES

- [1] Chevallard, Y. La transposition Didactique. 1985 Grenoble: La pensée sauvage.
- [2] Orange, Y. L. Quels cadres théoriques et méthodologiques pour quelles recherches en didactique des sciences et des technologies ? 2015 ; RDST. (1) : 9-78.
- [3] Maroc. Education. Direction des curricula. Récupéré sur Direction des curricula, (2010, 12 11): <https://www.men.gov.ma/Ar/Pages/curricula.aspx>
- [4] Chekour, M. L. Les facteurs influençant l'acquisition des concepts en électricité. Cas des lycéens marocains. (2015). Adjectif.net.
- [5] Mohammed Cherkaoui, R. C. Perspectives pour l'enseignement des sciences au Maroc. Académie Hassan II des Sciences et Techniques. Maroc. 2017 ; (11).
- [6] Isabelle, K. M. Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques : impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants. *Didaskalia*. 2008; 32: 77-116.
- [7] Chevallard, Y. Esquisse d'une théorie formelle du didactique. (L. P. Sauvage, Éd.) Dans C. Laborde (dir.), Actes du Premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique. 1988 ; pp : 97-106.
- [8] Chevallard, Y. Le concept de rapport au savoir : rapport personnel, rapport officiel, rapport institutionnel. (1989).
- [9] Chevallard, Y. Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*. 1992 ; 12(1) :73-112. Récupéré sur : <https://revue-rdm.com/1992/concepts-fondamentaux-de-la-didactique>.
- [10] Chevallard, Y. Familière et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 1997; 17(3) :17-54.
- [11] Chevallard, Y. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*. 1999; 19(2) : 211-265.
- [12] Chevallard, Y. Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. (Fabert, Éd.) *Rapport au savoir et didactiques*. 2000; 81-104.
- [13] Venturini, L., and Patrice, P. Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : le cas de la notion de modèle. *Éducation et didactique*, (2016) ; 2-10.
- [14] Venturini, R. B.-C. Analyse du raisonnement d'étudiants utilisant les concepts de base de l'électromagnétisme. *Didaskalia*. 2006 ; 33(28).
- [15] Croset, M.-C., and Hamid, C. Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD : la praxéologie personnelle. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 2016; 36(2) : 161-196.
- [16] Elouardachi, A., Anouar, A., and Abouhanifa, S. Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2018; 6(6) :276-287.
- [17] Chaachoua, H. La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique EIAH. Etude de cas : la modélisation des connaissances des élèves. HDR. Séminaire national de didactique des mathématiques, 2010 ; 82.
- [18] Pilet, J. Parcours d'enseignement différencié appuyés sur un diagnostic en algèbre élémentaire à la fin de la scolarité obligatoire : modélisation, implémentation dans une plateforme en ligne et évaluation. Thèse. Université Paris Diderot UFR de Mathématiques, Paris. (2012).

- [19] Croset, M.-C., and Hamid, C. Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD : la praxéologie personnelle. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 2016; 36(2) : 161-196.
- [20] Assude, T. M. L'action didactique du professeur dans la dynamique des milieux. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 2007 ; 27(2) : 221-252.
- [21] Wozniak, F. Analyse didactique des praxéologies de modélisation mathématique à l'école : une étude de cas. *Éducation et didactique*. 2012; 6(2) : 65-88.



Cite this article: Abdellatif Elouardachi, Said Abouhanifa, Khalid Essaadouni and Abdellah Anouar. LA PRAXEOLOGIE COMME MODELE DIDACTIQUE POUR DECRIRE LE RAPPORT PERSONNEL DE L'APPRENANT : CAS DES REACTIONS ACIDO-BASIQUES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2021;12(6): 278-290.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>