

ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DE LA LOI D'OHM EN CLASSE DE QUATRIÈME : ÉTUDE EXPLORATOIRE AU BÉNIN

Magloire Dognon AHODÈGNON ZÉPHYRIN

Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Eugène Sègbégnon OKÉ

Faculté des Sciences et Techniques (FAST) et Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Koba Charles MAGBONDÉ

Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

RÉSUMÉ

La loi d'Ohm fait l'objet d'enseignement/apprentissage dès la classe de quatrième au Bénin (DIP, 2007). C'est l'une des premières lois en physique écrite et représentée mathématiquement. Malgré sa formulation simple, son enseignement dans les classes semble être source de difficultés

À la lumière de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) de Chevallard (1992), nous avons analysé l'organisation praxéologique et didactique de l'enseignement apprentissage de la vérification de loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin.

Nos observations font ressortir le vide des Programmes officiels d'études sur les techniques et éléments de technologies de la vérification de la loi d'Ohm et une grande variabilité dans la mise en œuvre de la vérification de cette loi. Elles ont également mis en évidence chez un enseignant une séance de classe à structure ternaire complexe mettant en jeu une imbrication des différents moments de réalisation de la vérification de la loi d'Ohm, un *topos* alternativement faible et fort en fonction des phases de réalisation de la séance.

MOTS CLÉS

Organisation praxéologique, Organisation didactique, loi d'Ohm, TAD

INTRODUCTION

Les mathématiques et la physique entretiennent des relations séculaires de complémentarités. Il est fréquent que des difficultés d'ordre mathématiques entravent l'enseignement/apprentissage de la physique qui s'appuie sur les mathématiques (comme outils, langage, etc.). La loi d'Ohm est l'une de ces thématiques dont l'enseignement ne semble pas échapper à ces difficultés. Elle est utilisée pour caractériser le comportement des conducteurs ohmiques, définir la grandeur électrique appelée résistance électrique d'un conducteur ohmique et définir son unité. Apparemment simple de formulation ($U = R.I$) la loi d'Ohm présente des aspects historiques forts, des controverses épistémologiques et soulève des questions métrologiques comme l'ont montré Malafosse et Dusseau (2001).

L'étude de la loi d'Ohm fait partie des programmes d'études scolaires au Bénin (DIP, 2007). En classe de 4^{ème}, les instructions officielles demandent d'amener les apprenants à procéder à sa vérification pour les conducteurs ohmiques. Cette étude requiert une modélisation mathématique mettant en jeu une relation fonctionnelle $U = f(I) = R.I$ de type

linéaire de données (mesure de tension U et d'intensité I) issues d'une étude expérimentale. Cette modélisation qui fait passer de l'électrocinétique à l'algèbre linéaire apparaît difficile du fait de l'implication de deux matières : mathématiques et physique.

Notre étude vise à analyser l'enseignement et l'apprentissage de la loi d'Ohm en classe de 4^{ème} au Bénin dans le cadre d'une situation didactique ordinaire pour explorer ce qui est effectivement enseigné au regard de ce qui est à enseigner et explorer ce que les élèves en apprennent.

La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) à travers les notions d'organisation praxéologique et didactique nous a servi de cadre pour conduire notre étude.

Après avoir présenté brièvement quelques éléments de cette approche théorique nous passerons en revue quelques travaux antérieurs portant sur la loi d'Ohm puis la méthodologie que nous avons utilisée. Nous présenterons enfin les résultats que nous avons obtenus et que nous discutons.

1 Cadre théorique et problématique

1.1. Cadre théorique

Relativement à un thème Q tel que la loi d'Ohm, la TAD étudie deux types d'objets : l'organisation scientifique, c'est-à-dire la réalité scientifique (mathématique, physique, biologique, etc.) qui peut se construire dans une classe où nous étudions le thème Q et l'organisation didactique, la manière dont peut se construire cette réalité scientifique, c'est-à-dire la manière dont peut s'y réaliser l'étude du thème Q .

Le positionnement épistémologique de la TAD attribue au savoir un caractère anthropologique et situe toute activité scientifique dans l'ensemble des activités humaines institutionnelles :

« Le point crucial à cet égard, dont nous découvrirons peu à peu toutes les implications, est que la TAD situe l'activité scientifique, et donc l'activité d'étude en mathématiques et en sciences, dans l'ensemble des activités humaines et des institutions sociales » (Chevallard, 1998, p.1).

La loi d'Ohm figure dans les programmes d'études du Bénin, aussi bien au collège qu'au lycée et à l'université. Pour prendre sa place parmi les objets d'enseignement/apprentissage en classe de quatrième par exemple, la loi d'Ohm fait objet d'une transposition didactique. La mise en œuvre de son enseignement est prescrite par les programmes et instructions officielles. C'est dire que la vérification de la loi d'Ohm, comme tout savoir scientifique, est attachée à une institution (au moins) qui lui donne une signification spécifique et lui impose un certain nombre de conditions et de contraintes.

L'outil principal de l'approche anthropologique du didactique est la notion d'organisation praxéologique. Le terme de praxéologie a été introduit par Chevallard (1999) dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique. Dans cette théorie, il décrit une praxéologie comme étant un quadruplet (type de tâches, technique, technologie, théorie). Des définitions proposées par Chevallard dans ses écrits, celle-ci nous apparaît assez précise :

« 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 . Le couple $[T, \tau]$ constitue, par définition, 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 (au sens restreint), formé d'une technologie Θ , « discours » rationnel (logos) censé justifier et rendre

intelligible la technique (tekhnê), et à son tour justifié et éclairé par une théorie Θ , généralement évanouissant. Le système de ces quatre composantes, noté $[T/\tau/\Theta/\Theta]$, constitue alors une organisation praxéologique ou praxéologie, dénomination qui a le mérite de rappeler la structure bifide d'une telle organisation, avec sa partie pratico-technique $[T/\tau]$ (savoir-faire), de l'ordre de la praxis, et sa partie technologico-théorique $[\Theta/\Theta]$ (savoir), de l'ordre du logos » (Chevallard, 1999)

Ainsi donc toute activité humaine, pratique sociale et l'activité scientifique en particulier, peut s'analyser ou se modéliser en des complexes selon quatre composantes : (type de) tâches, techniques, technologie et théorie et d'après Chevallard (2007) une praxéologie est l'union plus ou moins réussie, adéquate, pertinente de ces quatre éléments.

La praxéologie ou l'organisation praxéologique repose sur des postulats :

Premier postulat : toute pratique se laisse analyser, de différents points de vue et de différentes façons, en un système de tâches relativement bien circonscrites. Tout pourtant n'est pas tâche : il existe en toute institution de l'activité non analysée en types de tâches, et dont la mention au moyen de verbes d'action d'acception très large (par exemple « calculer », « démontrer », « vérifier », etc.) laisse le contenu mal défini. Nous parlons alors de genre de tâches. Le deuxième postulat pose que l'accomplissement de toute tâche résulte de la mise en œuvre d'une technique. Il faut entendre le terme de technique en un sens très large, comme une « manière de faire » particulière, une manière de réaliser la tâche, et non selon l'acception courante, un procédé structuré et méthodique, voire algorithmique qui n'est qu'un cas très particulier de technique. Il s'agit d'un savoir-faire : C'est un bloc [Type de tâches/technique] ou bloc technico-pratique. Dans le troisième postulat, nous supposons que, pour pouvoir exister dans une institution, une technique doit apparaître comme un tant soit peu compréhensible, lisible et justifiée. Cette contrainte écologique implique alors l'existence d'un discours descriptif et justificatif des tâches et techniques que nous appelons la technologie de la technique. Une technologie peut avoir pour fonction de justifier rationnellement la technique, d'expliquer, la rendre intelligible, éclairer la technique et de produire la technique. Le postulat annoncé implique en outre que toute technologie a besoin à son tour d'une justification, que nous appelons la théorie de la technique, et qui en constitue le fondement ultime. C'est souvent le bloc technologico-théorique qui est vu comme un savoir.

Au sens de Chevallard (2005), « Le matériau mathématique élaboré est alors mis en forme – par la classe, sous la direction du professeur dans une synthèse qui en précise les différents composants et les « institutionnalise » d'une manière presque définitive. » (Chevallard, 2005)

Ainsi donc dans les manuels de physique ou dans le cours des professeurs, le savoir disponible se présente sous la forme de savoir enseigné dans le processus de la transposition didactique. L'analyse praxéologique de l'enseignement de la loi d'Ohm que nous proposons de faire est la praxéologie institutionnalisée relative à la loi d'Ohm et sa vérification concerne l'union plus ou moins pertinente du type de tâche « vérifier la loi d'Ohm », de la technique déployée pour vérifier la loi d'Ohm, de la technologie et de la théorie qui prédestinent à cette technique, telles que le professeur l'a institutionnalisé dans son manuel ou dans son cours.

1.2 Problématique

Une série de trois grandes études françaises (Malafosse et al., 2000a ; Malafosse et al., 2000b ; Malafosse et al., 2001) se sont intéressées à l'acquisition de la loi d'Ohm au collège en interrogeant les conditions dans lesquelles des concepts élaborés en didactique des mathématiques sont transposables à la didactique de la physique dans le contexte français où

les programmes officiels de mathématiques préconisent le sens physique que confèrent les notions mathématiques abordées. Ces recherches correspondent respectivement à chaque étape de la progression de classe conduisant à l'établissement de la loi d'Ohm. La méthodologie retenue par ces recherches est celle de l'*ingénierie didactique* d'Artigue (1988). Elles ont mis en évidence des difficultés de conceptualisation de la loi d'Ohm par les élèves, lesquelles sont liés au changement d'*espace de réalité*, de *cadre de rationalité* et de *registre* entre mathématique et physique.

Liegeois et Mullet (2002) ont étudié la façon dont les élèves des classes de fin de collège et de début de lycée sont capables de conceptualiser la notion de résistance au regard de ses relations avec les concepts de tension et d'intensité du courant. Ces chercheurs ont utilisé une méthodologie qui consiste à fournir aux participants une série de données numériques de tension et d'intensité avec la consigne de prédire les valeurs correspondantes de la résistance. Les résultats tendaient à montrer que, pour la majorité des élèves, la résistance est une fonction directe de deux concepts : tension et intensité ; comme pourrait être le concept de puissance. Il semble que pour les sujets de cette étude, la résistance d'un conducteur ohmique varie lorsque la tension et l'intensité varient.

D'autres études comme celles menées par Periago et Bohigas (2005) se sont intéressées aux conceptions des étudiants à propos de la tension électrique, de l'intensité du courant et de la loi d'Ohm. Par un questionnaire, les auteurs ont examiné les représentations d'étudiants en deuxième année de cycle d'ingénierie industrielle et chimique sur les aspects conceptuels de la théorie de circuits précisément sur ce qui renvoie au concept de base de tension, d'intensité et de la loi d'Ohm. Loin de fournir d'informations significatives sur les conceptions des étudiants sur la relation entre tension et intensité, la recherche a été très utile dans la conception et la rédaction de cours, basées sur l'approche constructiviste du processus d'enseignement et d'apprentissage.

Ces recherches ont le mérite de mettre en lumière certaines difficultés de conceptualisation de l'étude de la loi d'Ohm chez les élèves, difficultés mises à jour en termes de comportement qu'ils peuvent avoir dans le cadre de prélèvement d'émergence (Lerouge, 1992) sur des données numériques, de questionnaires ou d'une ingénierie didactique.

Cependant, ces études ne se sont pas intéressées au travail de l'enseignant chargé de la mise en œuvre de l'enseignement-apprentissage de la loi d'Ohm en situation réelle de classe. C'est ce que nous proposons de faire en cherchant à analyser l'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en quatrième à travers les questions suivantes: Qu'est-ce qui caractérise la réalité physique qui peut se construire lors des séances d'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin ? Quelles sont les situations didactiques mises en place par le professeur lors d'une séance d'enseignement de l'établissement de la loi d'Ohm en classe de quatrième ? La première question interroge la praxéologie scientifique relative à la loi d'Ohm et à son établissement en classe de quatrième au Bénin. Quant à la seconde, elle offre l'occasion d'analyser la manière dont peut se réaliser l'étude de la loi d'Ohm dans cette classe.

2. Méthodologie

2.1 Le recueil des données

Pour caractériser l'organisation physique de l'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin nous avons recueilli différents types de données. Ils concernent d'une part les éléments relatifs à l'objet « loi d'Ohm » dans l'institution chargée de l'enseignement des sciences physiques au secondaire du Bénin (que nous notons ESSPB). Ce que nous examinons ici est la praxéologie relative à l'objet « loi d'Ohm » dans l'institution

en classe de quatrième. Notre corpus est donc composé d'extraits du programme d'études et du guide du programme d'études de la quatrième. D'autre part, nous examinons les praxéologies institutionnalisées dans les manuels de physique et dans les cours de professeurs relatives à la loi d'Ohm. Pour cela nous avons recueilli un extrait du manuel de sciences physiques de la collection Durandea 3^{ème} (Hachette Education), un extrait du manuel de Sciences physiques 3^{ème} de la collection *Armand Colin (Bordas)* et d'un extrait de manuel de sciences physiques 3^{ème} de la collection Istria, (Casteilla). Le choix de ces manuels est motivé par le fait qu'ils sont autorisés par les Programmes Officiels (DIP, 2007, p.16). Les données recueillies concernent également deux enseignants P1 et P2 de Sciences physiques, l'un au Collège privé Sainte Marie Stella de Agla à Cotonou, l'autre au complexe scolaire privé de Cœur d'Or dans la commune d'Abomey-Calavi à propos de leurs praxéologies institutionnalisées lors d'une séance ordinaire en classe de quatrième sur le thème de la vérification de la loi d'Ohm.

Pour décrire et analyser l'organisation de l'étude de la loi d'Ohm en classe, nous nous sommes intéressés à l'organisation didactique mise en place par un troisième enseignant P3 en termes de *moment*. Le corpus est constitué par les trames du cours de P3 filmé en situation ordinaire de classe en décembre 2017 au Collège d'Enseignement Général de Gobaba dans la commune de Savalou lors d'une séance de vérification de la loi d'Ohm avec une trentaine d'élèves.

2.2. La méthode d'analyse des données Pour décrire et analyser ce que prescrit l'institution scolaire à propos de la loi d'Ohm et de sa vérification dans les extraits du programme d'étude et du guide des programmes en cohérence avec le modèle d'analyse choisi, nous avons défini les indicateurs suivants : la présence de *type de tâches* « vérifier la loi d'Ohm », la présence de ou des *techniques* préconisées pour vérifier la loi d'Ohm, la ou les *technologies* sur la/les quelle/s repose/nt la ou les *techniques* et les *éléments théoriques* de la discipline physique qui justifient la/les *technologie/s*.

Pour *décrire* et *analyser* la réalité physique de la vérification de la loi d'Ohm dans le cours des professeurs, nous avons, dans un premier temps, comparé les trois extraits de *manuels de physique* pour ce qu'ils sont le lieu où se dévoilent les *savoirs enseignés* dans les classes. Par ailleurs, et en complément des extraits de *manuels*, nous avons comparé les cours des enseignants P1 et P2 lors de la phase d'institutionnalisation à propos de la loi d'Ohm et de la vérification de la loi d'Ohm.

Les données que nous avons retenues sont relatives à la façon dont chaque professeur met en jeu l'organisation scientifique (physique) de la vérification de la loi d'Ohm dans sa classe particulièrement lors des phases d'institutionnalisation. Pour le professeur P1, nous nous sommes intéressés à son discours lors du déroulement de son cours. Quant à P2, nous avons retenu et photographié les traces écrites institutionnalisées du travail de classe relatives à la vérification de la loi d'Ohm.

À chacun de ces deux niveaux de comparaison nous avons examiné pour l'objet « loi d'Ohm » (que nous notons LOHM) et le type de tâche « vérifier la loi d'Ohm », les composantes praxéologiques en vue de mettre en relief les facteurs différenciant les extraits de manuels et les extraits de cours des deux professeurs.

Quant à l'analyse de la pratique effective de P3, nous avons caractérisé la manière dont il met en place l'organisation physique de l'étude de la loi d'Ohm en classe en termes de *moments* de l'étude. Nous examinons la manière dont chaque *moment* se réalise, la fonction de chacun d'eux, la pertinence et la perfectibilité de ces phases tout en mettant en évidence le *topos* de l'élève et du professeur.

3. Les résultats de l'étude

3.1 Praxéologie relative à la loi d'Ohm

Rapport institutionnel de l'institution ESSPB à l'objet « loi d'ohm »-Classe de 4^{ème}
R(ESSPB, LOHM) :

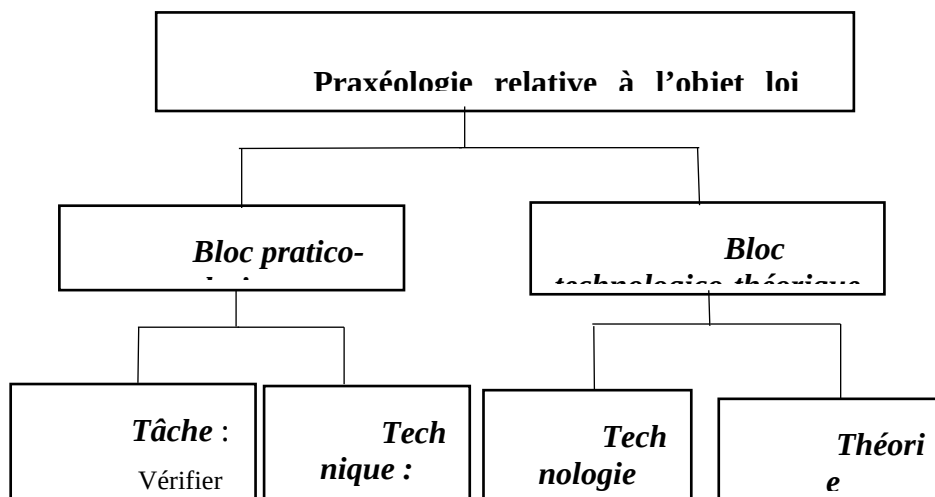


Schéma 1 R (ESSPB, LOHM) dans le modèle de Chevallard (1999)

L'analyse du curriculum prescrit relatif à la loi d'Ohm et à sa vérification en classe de quatrième nous montre que même s'il y a la présence du *type de tâche* « vérifier la loi d'Ohm », aucun élément de technique implicite et explicite n'est mis en évidence. Les éléments technologiques et théoriques propres aux sciences physiques sont également inexistants.

Résultat de la comparaison de *manuels et des cours des professeurs* à propos des praxéologies institutionnalisées relativement à la loi d'Ohm et à la vérification de la loi d'Ohm :

Tableau 1
Analyse de la praxéologie proposée par chaque manuel
(Hachette; Bordas; Casteilla)

	Praxéologie	Manuels		
		Hachette Education	Larousse-Bordas	Casteilla
Comment vérifier la loi d' Ohm	Techniques	1^{ère} étape : Mesurer à l'ohmmètre la résistance d'un conducteur ohmique. 2^{ème} étape : Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. 3^{ème} étape : Mesure une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. 4^{ème} étape : Tracer la caractéristique intensité-tension de ce conducteur ohmique. 5^{ème} étape : Remarquer que cette caractéristique est une droite passant par l'origine des coordonnées. 6^{ème} étape : Conclure une relation de proportionnalité entre U et I. 7^{ème} étape : Calculer le coefficient directeur de la droite U/I et remarquer qu'il n'est autre chose que la valeur de la résistance R mesurée à la 1^{ère} étape.	1^{ère} étape : réaliser le montage d'étude d'un dipôle 2^{ème} étape : mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce dipôle puis les consigner dans un tableau. 3^{ème} étape : placer dans un plan les différents points de coordonnées (I ;U) 4^{ème} étape : obtenir la caractéristique intensité-tension de ce dipôle par le tracé de la droite moyenne, 5^{ème} étape : exploiter la nature de la courbe obtenue pour déduire que tension et intensité sont des grandeurs proportionnelles. 6^{ème} étape : conclure que le dipôle étudié est un conducteur ohmique 7^{ème} étape : vérifier que la résistance du conducteur ohmique a la même valeur que le coefficient de proportionnalité de la tension par rapport à l'intensité.	1^{ère} étape : réaliser le montage d'étude d'un résistor 2^{ème} étape : mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce résistor puis les consigner dans un tableau. 3^{ème} étape : tracer de la caractéristique intensité-tension du résistor par une démarche bien explicitée. 4^{ème} étape : montrer que la caractéristique est la représentation graphique d'une fonction linéaire dont l'équation $U=R.I$ est la loi d'Ohm.

	Technologies	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Ajustement linéaire, - Notion de résistance, - Notion de coefficient directeur, - Notion de proportionnalité, - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est égale au produit de la résistance R par l'intensité I du courant électrique, - Formule mathématique traduisant la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Notion de droite moyenne, - Notion de proportionnalité, - Notion de coefficient directeur, - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique, - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Notion de fonction linéaire, - Notion de dipôle linéaire, - Notion de coefficient directeur, - Énoncé de la loi d'Ohm : la caractéristique intensité-tension d'un résistor est une fonction linéaire d'équation $U=R.I$ - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités
	Théories	les théories l'électrocinétique, l'algèbre linéaire, le calcul numérique, la théorie quantique de l'effet Hall, la théorie de l'analyse dimensionnelle	les théories l'électrocinétique, de l'algèbre linéaire, le calcul numérique, la théorie quantique de l'effet Hall, la théorie de l'analyse dimensionnelle.	les théories l'électrocinétique, le l'algèbre linéaire, la théorie quantique de l'effet Hall, la théorie de l'analyse dimensionnelle.

Tableau 2
Analyse de la praxéologie proposée par le cours des professeurs (P1 et P2)

Comment vérifier la loi d' Ohm	Éléments de	Cours des professeurs	
		Cours du professeur P1	Cours du professeur P2
	Techniques	1^{ère} étape : Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. 2^{ème} étape : Mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. 3^{ème} étape : Calculer les rapports U/I et remarquer qu'ils sont égaux à la valeur lue de la résistance du conducteur ohmique. 4^{ème} étape : Conclure d'une relation de proportionnalité entre tension et intensité.	1^{ère} étape : Mesurer à l'ohmmètre la résistance d'un conducteur ohmique. 2^{ème} étape : Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. 3^{ème} étape : Mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. 4^{ème} étape : Tracer la caractéristique intensité-tension de ce conducteur ohmique. 5^{ème} étape : Remarquer cette caractéristique est une droite passant par l'origine des coordonnées. 6^{ème} étape : Calculer le coefficient directeur de la droite U/I et remarquer qu'il n'est autre chose que la valeur de la résistance R mesurée à la 1^{ère} étape. 7^{ème} étape : Dédire la relation $R = \frac{U}{I}$ traduisant la loi d'Ohm.
	Technologies	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation). - Notion de proportionnalité. - Notion de résistance. - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension aux bornes d'un conducteur ohmique est toujours proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse. - Formule mathématique traduisant la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités.	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation). - Repérage du plan. - Notion de droite moyenne. - Notion de coefficient directeur. - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique. - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm.
	Théories possibles	Les théories de l'électrocinétique et de calcul numérique, la théorie quantique de l'effet Hall et de l'analyse dimensionnelle.	Les théories l'électrocinétique, de l'algèbre linéaire, la théorie quantique de l'effet Hall.

L'analyse praxéologique des trois extraits de *manuels et des deux extraits de cours des professeurs* a montré une grande variabilité au niveau de la praxéologie de la vérification de la loi d'Ohm. Nous mettons en évidence deux types de catégories d'organisation scientifique avec des technologies différentes :

- Soit l'organisation scientifique de la vérification de la loi d'Ohm se fonde sur des stratégies de mise en évidence d'une relation de proportionnalité entre tension et intensité dans le cadre d'une étude graphique qui nécessite de

vérifier que le coefficient directeur de la caractéristique du conducteur ohmique étudié faisant office de coefficient de proportionnalité est égal à la valeur lue de la résistance du conducteur ohmique.

- Soit l'organisation scientifique est basée sur la mise en évidence de proportionnalité entre tension et intensité dans le cadre purement numérique d'exploitation des données de mesures des grandeurs électriques.

3.2. Pratique effective de l'enseignant en séance ordinaire de classe

L'analyse de la séance de P_3 montre qu'elle s'est déroulée suivant une structure ternaire qui commence par une activité expérimentale d'étude et de recherche, s'est poursuivie par une phase collective d'élaboration et d'institutionnalisation de connaissances et s'est terminée par une phase d'exercices corrigés en classe. Mais l'analyse en termes de *moments* didactiques montre que ceux-ci sont imbriqués avec des fonctions ou objectifs très divers qui peuvent changer très rapidement. Ces fonctions ne semblent pas comprises par les élèves. C'est ainsi que nous avons repéré des gestes professionnels d'institutionnalisation à divers endroits de la séance. Les phases d'institutionnalisation sont difficilement construites autour des réponses des apprenants et parfois elles s'achèvent par des résultats parachutés ou fournies directement par l'enseignant alors qu'aucunes données ne permettaient de conclure de tels résultats.

Quant au *topos* des élèves, il ne semble pas s'exprimer pendant les phases d'expérimentation et d'exploitation des résultats des mesures effectuées et se réduit à la résolution de problèmes ou d'exercices dont les consignes sont déjà traitées par l'enseignant.

4. Discussion

Les différences observées au niveau de la praxéologie de la vérification de la loi d'Ohm signifient que la simple détermination de l'intensité I du courant, de la tension U aux bornes d'un conducteur ohmique ne garantit pas l'induction de la relation mathématique qui les lie, comme l'ont montré des travaux antérieurs (Malafosse et al., 2000a ; 2000b ; 2001). Elles ne garantissent pas non plus la compréhension de l'interdépendance de tension et de l'intensité du courant pour un conducteur ohmique en accord avec Liegeois et Mullet, (2002) et Periago et Bohigas (2005). Ces résultats peuvent traduire également, en écho aux travaux de Bachelard (1938) qu'il ne suffit pas de *dire* le savoir scientifique, de l'annoncer (comme dans les programmes officiels ou dans les manuels et cours) ou le proclamer pour qu'il soit acquis.

CONCLUSION

Notre recherche s'est intéressée à caractériser l'organisation scientifique et la manière dont se réalise celle-ci lorsque, dans une classe, nous étudions la loi d'Ohm et sa vérification. Nous avons alors décrit et analysé les programmes officiels des sciences physiques pour noter le non-dit de ceux-ci sur les techniques de vérification de la loi d'Ohm. Dans le cours des professeurs nous avons mis en évidence une variabilité importante dans la mise en œuvre de l'établissement de la loi d'Ohm et des difficultés de sa mise en œuvre en classe.

Du fait de ces résultats, il est à craindre la grande disparité des savoirs enseignés dans nos collèges. Du moins, en ce qui concerne la loi d'Ohm, les enseignants ne peuvent être sensibilisés aux mêmes techniques de vérification de cette dernière loi. Le corollaire pourrait être des enseignements avec des degrés de cohérence problématique à la grande défaveur des apprenants.

Il serait d'un certain intérêt que l'institution scolaire conçoive et vulgarise des curriculums qui intègrent les dimensions techniques et technologiques relatifs aux savoirs à enseigner dans les classes afin que l'enseignant tire le meilleur profit dans la mise en œuvre de ces savoirs en classe.

Le mutisme de l'institution sur la mise en œuvre de la loi d'Ohm en quatrième, la grande variabilité observée au niveau de la praxéologie de la vérification de cette loi tant du point de vue des composantes que du point de vue de leur cohérence et les difficultés qu'éprouvent élèves et enseignants lors de son enseignement et de son apprentissage soulèvent une question fondamentale, celle relative au rapport personnel du professeur au savoir en jeu. En effet, c'est le professeur qui, étant sujet de l'institution, conçoit les programmes d'étude. C'est encore lui qui met en œuvre ces programmes en classe. Il serait profitable d'investiguer les connaissances des enseignants de sciences physiques à propos de loi d'Ohm.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARTIGUE, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol.9, n°3, pp.281-308.
- CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 12/1, La Pensée Sauvage.
- CHEVALLARD, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique. *Actes de l'université d'été, 1998*, 91-118, IREM de Clermont-Ferrand
- CHEVALLARD, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 19(2), pp. 221-265.
- CHEVALLARD, Y. (2005). Didactique et formation des enseignants. B. David (Éd.). *Impulsions* 4, 215-231. Lyon : INRP
- CHEVALLARD, Y. (2007). Passé et présent de la Théorie Anthropologique du Didactique, *Actes du 1^{er} Congrès International sur la TAD « Société, École et Mathématiques : Apports de la TAD », Baeza, Espagne, 27 au 30 octobre 2005.*
- DIP, (2007). Programme d'études, sciences physique, chimiques et technologie. Classe de 4^{ème} version révisée. MESFTP. Bénin.
- DIP, (2007). Guide du programme d'études, physique – chimie – technologie. Classe de 4^{ème} version révisée. MESFTP. Bénin.
- LIEGEOIS, L. & Mullet. E (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, volume 24, issue 4, pp. 551- 564
- MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2000). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : espace de réalité. *Didaskalia*, n° 16, pp. 81-106.
- MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2000). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité. *Didaskalia*, n° 18, pp. 61-98.

- MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2001). Changement de registres sémiotiques en didactique de la physique : exemple de la loi d'Ohm au collège. *Skholê*, numéro hors série, pp. 11-17.
- MALAFOSSE, D., DUSSEAU, J.-M. (2001). Vous avez dit : « $U = R.I$ » ? *Bulletin de l'union des physiciens. Volume 95*. pp.685-705
- PERIAGO, C. & BOHIGAS, X. (2005). A study of second-year engineering students' alternative conceptions about electric potential, current intensity and Ohm's law. *European Journal of Engineering Education*, volume 30, issue 1, pp. 70-94