

Cahier
De la
Recherche
Et du
Développement

Actes des 8^o rencontres scientifiques de l'ARDiST MARSEILLE 2014

SOMMAIRE

Revue SKHOLÊ – Volume 18 – Numéro 1 - Mars 2014

Modélisation de l'apprentissage de la FAO dans l'éducation : vers une méthodologie du choix de logiciel	9
Mourad Abouelala, Pascale Brandt-Pomares, Mourad Taha Janan	
Enseigner le concept d'énergie en physique et éduquer à l'énergie : rupture ou continuité ?.....	21
Manuel Bächtold , Valérie Munier	
Une entrée dans les sciences en maternelle par l'imaginaire : les objets célestes et les albums de littérature de jeunesse.....	31
Isabelle Bastide	
Un corpus médiatique pour aborder la controverse OGM en classe : propriétés et modalités de constitution	41
Ariel de Bernardo, Grégoire Molinatti	
Définitions spontanées de la science en cycles 2 et 3.....	51
Estelle Blanquet, Éric Picholle	
Les végétaux : tension entre classifications fonctionnelle et phylogénétique chez les futurs enseignants de SVT	63
Robin Bosdeveix, Leslie Regad, Yann Lhoste	
Transposition didactique et cadre de rationalité : évaluation du nouveau programme de l'unité mécanique du collège.....	75
Said Boumghar, Djamel Kendil	
Place du questionnement et image des sciences dans la recherche documentaire en pédagogie Freinet.....	81
Catherine Boyer	
Le déterminisme génétique, conceptions de lycéens français et estoniens.....	89
Jérémy Castéra, Pierre Clément, Tago Sarapuu	
Construction et mise en texte des savoirs problématisés sur la germination des graines au cycle 3.....	99
Hanaà Chalak-Despres	
Le délai de transposition didactique dans les livres du professeur. Quelques exemples en SVT classe de 3^{ème}.....	109
Pierre Clément	
Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et de technologie : représentation et appropriation par les enseignants de collège.....	121
Magali Coupaud, Jérémy Castéra	

Affinité disciplinaire et didactique : le cas des professeurs de physique-chimie en formation.....	133
Mohammad Dames Alturkmani, Luc Trouche et Ludovic Morge	
Recherche en didactique intégrative : Pourquoi et comment aborder de mêmes concepts complexes conjointement par des enseignants de formations initiales différentes ?.....	141
Myriam De Kesel, Jim Plumet	
Représenter une équation de réaction au niveau moléculaire : un exercice trop complexe ?.....	153
Jérémy Dehon, Philippe Snauwaert	
Paliers d'apprentissages du concept d'énergie : un exemple d'évaluation sur la respiration.....	163
Michèle Dell'Angelo-Sauvage	
L'objet de patrimoine comme ressource pour l'enseignement.....	173
Séverine Derolez, Françoise Khantine-Langlois, Philippe Loutesse	
Comparaison entre deux approches d'enseignement par investigation sur le thème de la flottabilité en collège : la problématisation favorisée dans l'approche hypothético-déductive.....	185
Coralie Derradj, Damien Givry	
Médiation géologique et réel de terrain : Problématisation historique et récit dans le discours des médiateurs de terrain en géologie.....	195
François Dessart, Eric Triquet	
Les inscriptions, un outil d'analyse des pratiques enseignantes lors de l'utilisation des TICE.....	205
Suzanne El Hage	
La construction du concept de sélection naturelle en classe de 3e : analyse didactique dans le cadre de la théorie historico-culturelle.....	213
Julie Gobert, Yann Lhoste	
Travail conjoint entre un intervenant extérieur scientifique, un professeur des écoles et ses élèves.....	225
Goujon Catherine	
Faire entrer les élèves dans une culture scientifique : mise en évidence de processus d'acculturation scientifique sur le thème du vivant au début de l'école primaire.....	235
Céline Grancher, Yann Lhoste, Patricia Schneeberger	
Convergences et divergences entre élèves français et grecs dans la représentation sociale de l'atome.....	247
Konstantinos Grivopoulos	
Dis-moi, comment ça fonctionne un TBI ?.....	257
Olivier Grugier	
Des environnements numériques pour étayer l'investigation scientifique et la conception expérimentale : de copex-chimie à LabBook.....	265
Cédric d'Ham, Isabelle Girault, Patricia Marzin	

La fiction au service de la Physique Quantique en Terminale scientifique : l'exemple du chat de Schrödinger.....	277
Jean-Loup Héraud, Philippe Loutesse, Karine Bécu-Robinault, Hugues Chabot, Fabrice Ferlin, Adrien Vila-Valls	
Exploration de pratiques pédagogiques déclarées dans l'enseignement supérieur : enquête semi-quantitative auprès d'enseignants-chercheurs de physique.....	287
Cécile de Hosson, Nicolas Décamp, Emilie Morand, Aline Robert	
Mode de raisonnement des apprenants relatif à la conception des microcontrôleurs : cas des élèves tunisiens de classe terminale.....	299
Radhia Houimli, Chiraz Ben Kilani	
L'attitude des enseignants genevois vis à vis de la démarche d'investigation.....	311
Rémy Kopp, Laura Weiss	
Enseigner la physique quantique en Terminale scientifique en France. L'objet quantique, une référence problématique	323
Philippe Loutesse, Adrien Vila Valls, Karine Bécu-Robinault, Hugues Chabot, Fabrice Ferlin, Jean-Loup Héraud	
Quelle réceptivité d'enseignants de premier cycle universitaire aux résultats de la recherche en didactique de la physique ? Le cas de la mécanique classique.....	333
Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson	
Anticipation des enseignants sur les compétences et difficultés des élèves sur des questions d'évaluation de la culture scientifique.....	345
Florence Le Hebel, Pascale Montpied, Andrée Tiberghien	
Impacts d'une question socialement vive sur les prescriptions adressées aux enseignants de lycées agricoles : le cas du bien-être animal en élevage	355
Amélie Lipp, Laurence Simonneaux	
Force et mouvement naturel : une reconstruction didactique de l'introduction à la dynamique utilisant la relativité historique.....	367
Valentin Maron, Philippe Colin	
Analyse de l'activité de problématisation d'une situation en physique : le rebond de balles. Étude de cas.....	379
Luz Martinez, Cécile de Hosson, Nicolas Décamp	
Concevoir une expérimentation en génétique à l'aide d'un environnement informatique.....	391
Patricia Marzin-Janvier	
La nature des sciences dans les programmes de lycée de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre	401
Laurence Maurines, Magali Fuchs-Gallezot, Marie-Joëlle Ramage	
Appropriation, par des élèves de terminale scientifique, d'un dispositif analogique pour la compréhension de l'électricité.....	411
Clotilde Mercier-Dequidt, Ludovic Morge	
La question de la référence pour l'enseignement des disciplines technologiques en formation professionnelle. Le cas de l'enseignement du génie alimentaire.....	423
Jean-François Métral	

Les TIC pour le collège : contenus des manuels scolaires algériens et conditions d'insertion.....	433
Ali Mouhouche	
Contribution à l'étude des statuts et des modalités de fonctionnement de la démarche d'investigation. Analyse de discours d'enseignants en technologie et en sciences physiques et chimiques au collège.....	443
Béatrice Mouton-Legrand, Abdelkarim Zaid	
Mesure et incertitudes en mathématiques et en physique à la transition école-collège : éléments d'épistémologie et difficultés des élèves	451
Valérie Munier Valérie Munier, Aurélie Chesnais, Karine Molvinger	
Les représentations des enseignants et futurs enseignants gabonais sur le déterminisme génétique, l'épigenèse et la plasticité cérébrale.....	459
Laurence Ndong	
Vers un apprentissage décontextualisé du phénomène de production du courant alternatif en 3^{ème}	469
Eugène Oké, Philippe Briaud	
Conceptions de futurs enseignants de sciences physiques de lycée à propos des outils de la démarche scientifique.....	481
Mustapha Oldache, Chams-eddine Khiari, Tayeb Belarbi	
Schémas argumentatifs et problématisation dans des débats en classe sur le mouvement du membre supérieur (CM1-CM2).....	491
Christian Orange	
Introduction de l'effet papillon au Lycée : comment les élèves expliquent l'imprévisibilité.....	501
Soraya Sefer, Alice Delsérieys	
Les activités collaboratives de la conception : comment introduire le travail d'équipe dans l'enseignement du design ?.....	513
Eric Tortochot	
L'autoconfrontation hybride comme formation à la démarche d'investigation en physique.....	525
Olivier Villeret	
Enseignement du « défi énergétique » au lycée : comment faire des liens entre physique et connaissance commune ?.....	535
Jacques Vince, Andrée Tiberghien	

Vers un apprentissage décontextualisé du phénomène de production du courant alternatif en 3^{ème}

Eugène Oké¹, Philippe Briaud²

¹Faculté Sciences et Techniques (FAST) & Institut de Mathématiques et Sc. Physiques (IMSP), Univ. d'Abomey-Calavi, Bénin
eugene.oke@imsp-uac.org

²Institut Universitaire de Formation des Maîtres (IUFM) des Pays de la Loire, Univ. de Nantes, CREN, EA 2661
Mel: philippe.briaud@univ-nantes.fr

Résumé

On entend souvent comme principe de fonctionnement de l'alternateur : la rotation de l'aimant (rotor) à l'intérieur de la bobine (stator) permet de produire le courant électrique. Ce savoir est le résultat de l'étude de la production du courant électrique par le fonctionnement de l'alternateur de vélo en oubliant que ce n'est qu'une réduction du phénomène. Cette formulation intermédiaire du phénomène devient alors obstacle à l'appréhension du phénomène comme interaction entre aimant et bobine en mouvement par les élèves. Nous proposons d'aborder cet obstacle par un problème ouvert et nous analysons dans cette présentation les écrits des élèves en réponse au problème posé.

Mots clés

Apprentissage - Problème ouvert - Obstacle - Courant électrique alternatif - Écrits d'élèves

Abstract

It is often heard in the school as a principle of operation of the alternator: the rotation of the magnet (rotor) within the coil (stator) is used to produce electric current. This knowledge is the result of the study of the production of electricity by the alternator of bike forgetting that, this is a reduction of the phenomenon. This intermediate formulation of the phenomenon becomes an obstacle to the understanding of the phenomenon as interaction between magnet and moving coil by students. We suggest approaching this obstacle through an open problem and in this paper we analyze student writing in response to the problem posed.

Key words

Learning - Open problem - Obstacle - Alternating electric current Writings students

Contexte et problématique

En référence aux épistémologies constructiviste et socio-constructiviste les nouvelles prescriptions institutionnelles béninoises demandent aux enseignants en primaire et secondaire d'amener les élèves eux-mêmes à construire leur savoir tout en visant des compétences transversales et disciplinaires. L'enseignement des sciences physiques en collège au Bénin vise trois compétences disciplinaires¹. Pour ces prescriptions, l'enseignant doit faire émerger les représentations initiales des élèves, organiser le travail en groupes pour que ces derniers discutent et construisent le savoir scientifique, qui jusque là était transmis de façon dogmatique par l'enseignant. Cependant ces enseignants, pour la plupart jeunes, sont d'un niveau de culture scientifique faible² et démunis des savoirs spécifiques disciplinaires pouvant leur permettre d'organiser des activités cognitives visant des mises en relation entre éléments dans une observation ou une expérimentation. La compréhension qu'ils semblent avoir des formations sur le tas accompagnant cette prescription est que l'activité de l'enfant et le travail en groupe suffisent pour que les élèves acquièrent le savoir. Cette compréhension semble être renforcée par le fait qu'on leur dit qu'ils ne doivent plus faire des exposés magistraux accompagnés de prise de notes. Ils se retrouvent alors à ne réaliser que des activités documentaires avec les élèves, or la physique est une science

¹ Nous nous intéressons à la première compétence disciplinaire qui stipule « *Elaborer une explication d'un fait ou d'un phénomène de son environnement naturel ou construit en mettant en œuvre des modes de raisonnements propres aux sciences physique chimique et à la technologie* » (programme officiel)

² Baccalauréat (pour la plupart) + formation pédagogique sur le tas

expérimentale. Dans ce cas comment atteindre les compétences disciplinaires énoncées ? Nous sommes dans une perspective d'accompagner les prescriptions institutionnelles par des propositions didactiques alternatives pour aider les enseignants à s'adapter aux nouvelles prescriptions. Mettre en œuvre ces prescriptions, c'est s'inscrire dans la démarche que le savoir est une reconstruction et que l'enseignant doit amener l'élève à réfléchir sur ce qu'il observe afin d'établir des relations entre grandeurs physiques pour en tirer des conclusions.

L'apprentissage du principe de fonctionnement de l'alternateur nécessite de la part des élèves, une conceptualisation de la production du courant alternatif par le phénomène d'induction. Dans une enquête que nous avons menée auprès des élèves avant et après des séances d'enseignement ordinaires, nous avons constaté que ceux-ci ne distinguent pas la production du courant alternatif de la production du courant continu. Leurs connaissances après des séances ordinaires sur l'enseignement de l'électricité, ne semblent pas beaucoup progressées sur la question de la production du courant électrique. En effet, après des séances d'apprentissage, les élèves reconnaissent mieux les sources de production mais entretiennent des confusions sur la signification des termes pour communiquer dans un langage propre à la physique. Par exemple la plupart des élèves exprime leurs représentations des sources de production du courant alternatif en convoquant à la fois les termes Akossoombo, SBEE³, groupe électrogène, centrales, alternateur, dynamo. Une confusion existe et persiste sur les termes : courant électrique et énergie, lieu de production et source de production, production et consommation par les appareils, comptage de la consommation et production. D'autres font la confusion en disant que le courant électrique est produit par la bobine et / ou l'aimant. Très peu d'élèves enquêtés (5% à l'entrée, 6% à la sortie) énoncent comme moyen de production du courant alternatif: le mouvement du rotor autour du stator ou, le mouvement d'un aimant autour d'une bobine.

Cette formulation du principe de fonctionnement de la « dynamo de vélo » semble être admise en collège comme le principe de production du courant alternatif alors qu'il n'est qu'une réduction de ce phénomène. Pour nous, cette réduction enlève tout le sens que doit avoir la compréhension du phénomène pour que les élèves intègrent la problématique de fonctionnement des centrales et des barrages hydroélectriques pour produire l'énergie électrique destinée à la consommation. Nous sommes amenés alors à nous préoccuper de la question suivante : Quel dispositif didactique mettre en œuvre pour un apprentissage décontextualisé de la production du courant électrique alternatif ? Notre hypothèse de travail est que la résolution d'un problème avec les élèves, conduite par l'enseignant de manière à assurer les éléments de l'échafaudage proposés par Bruner (1983), pourrait leur permettre de conceptualiser le phénomène de la production du courant alternatif.

Dans cette présentation, nous proposons les différentes phases de notre dispositif didactique sur l'apprentissage décontextualisé de la production du courant alternatif en troisième ainsi qu'une analyse des écrits d'élèves en réponse au problème posé.

Références théoriques

Nos références théoriques sont la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) plus précisément le concept de dévolution⁴ du problème et le concept d'échafaudage de Bruner (1983). De nombreuses recherches ont montré que l'élève utilise des représentations différentes de celle qu'on veut lui enseigner pour résoudre des problèmes en sciences physiques. Certaines de ces connaissances peuvent se constituer en obstacle⁵ et bloquer l'acquisition du savoir même. Pour Brousseau (1998) la connaissance doit fonctionner comme une réponse ou une production libre de l'élève dans un environnement décontextualisé du savoir. Cet auteur pense que l'élève acquiert ses connaissances par diverses formes d'adaptation aux contraintes de son environnement. Toujours selon cet auteur l'obstacle est une connaissance fautive ou incomplète. Il a son domaine de validité, il résiste et réapparaît, il est constitutif du savoir. En classe, l'enseignant est appelé à organiser une activité, par exemple à partir d'un problème dont la réponse (la connaissance) résulte d'une adaptation personnelle de l'élève au problème posé. Il revient donc à l'élève d'apprendre en produisant et en faisant évoluer ses connaissances vers le savoir. Afin d'obtenir ce fonctionnement, l'enseignant ne peut dire à l'élève quelle réponse il attend de lui. Il doit donc faire en sorte que ce dernier accepte la responsabilité de chercher à résoudre le problème dont il ignore forcément la réponse. Il ne suffit pas de connaître le sujet cognitif pour faire résoudre les problèmes à l'élève par des techniques d'écoute, mais il faut pouvoir lui faire rencontrer l'obstacle et l'amener à le dépasser grâce à un processus d'échafaudage que nous empruntons à Bruner (1983).

Ainsi, nous nous référons à la théorie des situations didactiques et au concept d'échafaudage pour tester un dispositif didactique.

Nous présentons ci-après notre méthodologie de travail et le dispositif didactique étudié dans cette communication.

³ SBEE : Société Béninoise d'Énergie Électrique

⁴ La dévolution est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage ou de résoudre un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert. (Brousseau, 1998, TSD, p.303)

⁵ Rappelons que Bachelard (1938) fut le premier à émettre l'idée d'obstacle

Méthodologie et présentation du dispositif

Notre méthodologie est centrée sur l'organisation de la séquence d'enseignement et la formulation d'une hypothèse locale de la déstabilisation didactique des connaissances des élèves. La séquence proposée porte sur la découverte du phénomène de production du courant alternatif. Plus précisément, il s'agit d'arriver à un apprentissage décontextualisé du fonctionnement d'un alternateur. Nous choisissons de partir d'un problème ouvert décomposé en sous problèmes de manière à assurer les éléments de l'étayage proposés par Bruner (1983) : réduction des degrés de liberté (tutelle n°2), maintien de l'orientation (tutelle n°3), signalisation des caractéristiques déterminantes (tutelle n°4) tout en faisant en sorte que la tâche ne soit pas éprouvante pour les apprenants, contrôle de la frustration (tutelle n°5). Le problème principal est libellé comme suit :

Problème :

Partout dans la vie de tous les jours on utilise de l'énergie électrique. Comment pouvons-nous produire de l'énergie électrique pour la consommation ?

Afin de réduire la portée des idées naïves identifiées lors de notre enquête sur les conceptions des élèves, nous proposons un premier sous problème comme suit.

Sous problème 1 :

- 1) Réfléchir individuellement au problème.
- 2) Donner une réponse commune après des échanges en groupe

Les élèves vont tenter de résoudre ce sous problème sans document d'abord (individuellement et en groupe) puis après avec document⁶ (individuellement et en groupe). A la fin de cette première phase, la classe doit avoir pris conscience du problème qui est posé. Les élèves doivent prendre conscience qu'ils ne savent pas comment on produit de l'énergie électrique pour la consommation. En institutionnalisant cette étape (nous ne savons pas comment produire de l'énergie électrique pour la consommation), l'enseignant indiquera une piste aux élèves en leur proposant de chercher à comprendre le fonctionnement d'une génératrice de vélo. Ce qui va conduire à un deuxième sous problème :

Sous problème 2

La source la plus simple de production d'énergie électrique est incontestablement la génératrice de vélo. Lorsque nous pédalons, de la lumière jaillit d'une ampoule connectée à la génératrice. Expliquez l'allumage de la lampe par un schéma ou un texte explicatif.

Support : un texte parlant du fonctionnement d'une génératrice de vélo. Une coupe d'une génératrice de vélo, une génératrice de vélo démontée.

Dans la classe, on fait tourner les pédales d'un vélo pour faire fonctionner son alternateur. Par des étayages l'enseignant conduit les élèves à formuler le savoir provisoire : « *le courant électrique est produit par la rotation de l'aimant dans une bobine* ». Cette conclusion explique le fonctionnement d'une génératrice, d'un alternateur de vélo. C'est une conclusion provisoire qui indique que seul l'aimant est en mouvement par rapport à la bobine pour produire le courant électrique. L'élève acquiert ainsi une posture épistémologique selon laquelle la bobine doit toujours rester fixe. Ce qui n'est qu'une réduction du phénomène d'induction électromagnétique qui est produit par un mouvement relatif entre une bobine et un aimant. Il y a donc une nécessité didactique de faire reconstruire (décontextualisation) ce savoir aux élèves pour qu'ils apprennent le fonctionnement de l'alternateur de façon non contextualisée : c'est la troisième étape du travail en classe avec le sous-problème n°3.

Sous problème 3:

Le problème principal que nous cherchons à résoudre est : Comment pouvons-nous produire de l'énergie électrique pour la consommation ? Cela nous a amené à voir comment la génératrice de vélo produit le courant électrique et nous étions tombé d'accord sur la conclusion que : *la rotation de l'aimant dans la bobine permettait à la lampe de bicyclette de s'allumer, donc permet de produire le courant électrique*

Maintenant, nous allons observer des faits expérimentaux et voir comment nous pouvons résoudre notre problème en améliorant cette conclusion provisoire.

Consigne :

- 1- Observons des faits d'expérience
- 2- Améliore la conclusion provisoire au regard des nouvelles expériences dont tu viens de prendre connaissance.

⁶ Un texte sous forme de dialogue où un acteur exprime des idées naïves en réponse à la question et un texte sur le cours d'électricité

Dans cette phase, compte tenu des moyens (aimant, bobine, galvanomètre) limités et de l'effectif des élèves, l'enseignant procède à une monstration (Johsua & Dupin, 1989) en faisant déplacer un aimant par rapport à une bobine fixe reliée à un galvanomètre à zéro central, d'abord dans un sens, puis dans l'autre, figure 1. Ensuite il fait déplacer la bobine par rapport à l'aimant, d'abord dans un sens, puis dans l'autre.

Le dispositif expérimental est très simple. Une bobine comportant un grand nombre de spires dont les deux bornes sont reliées à un galvanomètre à zéro central (cela signifie que selon le sens du passage du courant, son aiguille dévie vers la droite ou vers la gauche). Un galvanomètre est un ampèremètre très sensible qui dévie même lorsqu'il est parcouru par un très faible courant électrique.

- On approche un pôle (le pôle nord) de l'aimant de l'une des faces de la bobine ; l'aiguille du galvanomètre dévie dans un sens déterminé noté 1. Cette déviation revient à zéro dès que le mouvement de l'aimant cesse. Revenons à la position initiale en plaçant maintenant le pôle sud de l'aimant en regard de la bobine (toujours même face) et en l'approchant vivement ; le galvanomètre indique le passage d'un courant dans le sens 2. Il n'indique plus rien ($i = 0$) lorsque l'aimant s'immobilise, figure 2.

- On observe le même résultat lorsqu'on maintient l'aimant immobile et qu'on approche la bobine (même face) du même pôle (pôle nord) : courant de sens 1. On obtient le même résultat en gardant l'aimant fixe et en rapprochant la bobine (même face) du pôle sud : courant de sens 2, figure 3.

Nous faisons l'hypothèse que l'observation de ces faits d'expériences doit permettre la déstabilisation de la conclusion provisoire. Ces observations doivent amener les élèves à un apprentissage non contextualisé de la production du courant alternatif pour comprendre le fonctionnement d'un barrage hydroélectrique ou d'une centrale électrique. En d'autres termes, Nous faisons l'hypothèse que la déstabilisation didactique des connaissances des élèves viendra de l'observation de ce dernier fait d'expérience qui amènera les élèves à une reconstruction (reformulation) du savoir.

La séquence a eu lieu pendant deux séances dans un collège de ville avec un enseignant volontaire qui a bien voulu nous accompagner avec sa classe. 17 élèves ont participé à la première séance et 20 élèves ont participé à la deuxième séance de la séquence. A chaque séance les élèves ont constitué 4 groupes aléatoires (Barlow, 1993) parce que nous considérons que les élèves travaillant en groupe mettent en commun leurs richesses et s'étayaient les uns les autres pour construire ensemble. Quelques uns n'ont pas voulu rester dans le groupe qui leur a été attribué et nous avons dû faire des permutations pour ne pas gérer des conflits relationnels qui pourraient nuire à la recherche. Nous avons recueilli les productions individuelles des élèves et les productions de groupes de ces mêmes élèves à chaque étape des séances. Les deux séances ont été enregistrées (audio) et entièrement transcrites.

Compte tenu de l'espace réduit dont nous disposons dans cette présentation, Nous proposons de rendre compte du travail des élèves en réponse aux problèmes qui leur sont proposés sur la base de leurs productions écrites.

Étude des réponses écrites des élèves pendant la séquence

L'analyse que nous faisons est une analyse de données qualitatives plus précisément de données textuelles. Il s'agit d'une analyse de contenu⁷ qui est une méthode d'analyse qui cherche à rendre compte de ce qu'ont dit des sujets de la façon la plus objective possible et la plus fiable possible sur une question. Berleson (1952) son auteur, cité par Andreani & Conchon (2005), la définit ainsi « *Une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste de la communication* » Nous sommes conscients que nombreuses controverses existent sur la question de l'analyse et de l'interprétation de données issues des enquêtes qualitatives et nous ne rentrons pas dans ce débat dans cette présentation. Nous privilégions dans cette analyse les écrits d'élèves et la difficulté principale est de parvenir à établir le sens du discours écrits des élèves pour parvenir à une analyse objective.

Étude des écrits d'élèves en réponses au sous problème 1

Dans les réponses individuelles et de groupes des élèves, nous dégagons les termes que ces derniers mobilisent pour dire comment pourrait se produire l'énergie électrique pour la consommation. Il ressort de la lecture des écrits individuels des élèves que beaucoup d'entre eux confondent le lieu de production et les sources de production de l'énergie électrique, des appareils qui consomment l'énergie électrique et des éléments d'un dispositif de production de cette énergie, la modélisation de circuit électrique et la modélisation de dispositif de production du courant électrique. Dans ces écrits individuels, ils convoquent à la fois plusieurs termes ou expressions que nous répertorions dans le tableau ci-après :

⁷ BERELSON B. (1952), Content Analysis in Communication Research, The Fee Press

Termes mobilisés en écrits individuels	Effectifs	Pourcentage
Centrale électrique	5	29,4 %
Alternateur de bicyclette / dynamo	8	47,1 %
SBEE (Société Béninoise d'Énergie Electrique)	7	41,2 %
Compteur électrique	2	11,8 %
Piles / Batteries	5	29,4 %
Panneaux solaires	3	17,6 %
Barrage ou centrale hydroélectrique	2	11,8 %
Groupe électrogène	4	23,5 %
Par radio, télévision, ... (récepteurs)	3	17,6 %
Eolienne / vent	1	5,9 %
Par un montage en série ou en dérivation comportant générateur, fils conducteurs, interrupteur, lampe.	2	11,8 %
Uranium	1	5,9 %

Tableau 1 Les termes mobilisés individuellement par les élèves en premières représentations

Ces premières représentations des élèves sur la production de l'énergie électrique progressent dans les travaux de groupe. Nous dressons dans le tableau ci-après les termes mobilisés par les élèves travaillant en groupes, ceux qui sont présents dans les réponses individuelles et qui disparaissent dans les réponses en groupe, ceux qui sont absents dans les réponses individuelles et qui apparaissent dans les réponses en groupe.

Groupe	Termes mobilisés dans les écrits de groupe	Termes disparus en écrits de groupe et présents dans les écrits individuels	Termes nouveaux apparus dans les écrits de groupe
Groupe 1 (4 élèves)	Alternateur de bicyclette ; SBEE ; par transport de courant électrique ; centrale électrique ; barrage hydroélectrique	Compteur électrique ; par appareil électroménagers (radio, télévision) ;	Barrage hydroélectrique
Groupe 2 (4 élèves)	Pile ; batterie ; panneaux solaires ; SBEE ; dynamo ; groupe électrogène	Alternateur de bicyclette	Panneaux solaires ; groupe électrogène
Groupe 3 (4 élèves)	Énergie solaire + panneaux solaires ; groupe électrogène ; dynamo ; générateur ; turbine	Centrale électrique ; centrale hydroélectrique ; alternateur de bicyclette ; SBEE ; piles ; batteries	Générateur ; turbine
Groupe 4 (5 élèves)	Rayons solaires ; groupe électrogène ; batteries ; alternateur ; l'eau ; le charbon ; gaz naturel ; par un montage en série ou en dérivation + générateur, récepteur, fil conducteur et interrupteur ; grosse bobine en mouvement de rotation.	Récepteur ; piles ; eau en mouvement ; l'uranium ; le soleil ; le vent	Grosse bobine en mouvement de rotation

Tableau 2 Termes mobilisés par les élèves travaillant en groupes et comparaison avec les écrits individuels

La lecture de ce tableau nous amène à dire que les réponses premières des élèves travaillant en groupes ne sont pas toutes du même type. Les groupes 1, 2 et 3 se contentent de citer des sources de production d'énergie électrique alors que le groupe 4 tente de décrire le fonctionnement d'une source. La source éolienne n'a pas été retenue parce que peut être peu connue. En dehors de cette source les élèves connaissent les autres sources d'énergie. Nous constatons que les réponses en groupes ne sont pas seulement des sommes de réponses individuelles. Des réorientations de sens et des reformulations des textes individuels avec notamment l'apparition de nouveaux termes ou la disparition des termes naïfs et / ou ardu sont effectuées par le travail en groupe. En effet:

Dans le groupe 1, des réponses naïves (*le courant électrique domestique est produit par le compteur, par les appareils électroménagers, montage en série comprenant ...*) présentes dans les réponses individuelles ont disparu dans la réponse en groupe.

Dans les groupes 3 et 4 des réponses naïves (le courant électrique domestique est produit par SBEE ; batteries ; Récepteur ; eau en mouvement ; uranium ; soleil ; vent) présentent dans les écrits individuels ont disparu dans la réponse en groupe.

Cette disparition des réponses naïves n'est pas systématique, car la réponse du groupe 2 nous montre qu'elles peuvent persister.

Les nouveaux termes apparus après les travaux en groupe semblent nous montrer que des caractéristiques déterminantes pour la résolution du problème peuvent apparaître lors des échanges entre les élèves (groupes 1, 3 et 4 par exemples). Ces caractéristiques peuvent aussi disparaître (dans le groupe 2, l'expression « *alternateur de bicyclette* » a disparu alors que l'apprentissage va prendre appui là dessus).

Ainsi, nous retenons de la lecture de ce tableau que le travail en groupe sur le problème de production du courant électrique alternatif en classe a permis de faire disparaître des réponses naïves dans les représentations individuelles des élèves.

Étude des écrits d'élèves en réponses au sous problème 2

Dans l'étude des corpus de cette phase de travail en classe, nous cherchons à savoir si les élèves ayant accepté la dévolution du problème, arrivent à passer d'un registre empirique (lampe qui brille) à un registre de modèle de la production d'énergie électrique. Ceci revient à chercher une représentation imagée éloignée du réel, qui fait appel à un registre d'expression des élèves pour expliquer pourquoi la lampe brille. Les modèles sont classiquement considérés⁸ comme des intermédiaires entre un champ empirique et un champ théorique. L'explication fait partie du champ théorique mais elle ne s'identifie pas à une théorie.

L'explication du pourquoi la lampe brille (production d'énergie électrique) que cette deuxième phase (sous-problème 2) doit mettre en évidence est intermédiaire. Elle n'est pas encore le principe de production du courant alternatif. Cette explication est : « la rotation de l'aimant dans une bobine permet de produire le courant électrique ». Ce qui nous amène à rechercher dans les écrits des élèves la mobilisation des termes : rotation (ou mouvement) de l'aimant (ou rotor) dans la bobine (ou stator).

L'analyse des écrits d'élèves est très difficile en raison de la construction syntaxique très approximative voire incohérente des écrits sans oublier les entorses au vocabulaire (articles inappropriés, mots mal écrits, mauvaises ponctuations ...) et à l'écriture elle même.

La difficulté de comprendre les textes des élèves nous amène à rechercher dans leurs écrits les « idées cachées dominantes » qu'ils expriment dans leur logique sémantique. Ainsi :

Dans le groupe 1, deux élèves expriment l'idée de « galet » ou de « l'aimant » qui tourne dans la « bobine » (encore désignée par les « fils minces »). Les deux autres élèves expriment l'idée d'une « *force exercée sur le guidon du vélo* », qui fait que la « dynamo » de vélo « fonctionne » et produit le « courant électrique » pour l'allumage de la lampe. Dans la réponse écrite du groupe il n'y a pas de dessin ; l'idée de « force exercée sur le guidon du vélo » disparaît au profit de l'idée de « rotor entraîné en rotation » et du « stator fixe ». Nous avons constaté que la réponse du groupe est une combinaison de bouts de phrases récoltés dans deux différentes pages du document⁹ qui se trouve à leur disposition.

Dans le groupe 2, les deux élèves ayant produit un texte, expriment l'idée du « *mouvement du vélo* » qui fait que la « roue tourne » et « *le galet frotte le pneu lors de son mouvement de rotation et cela produit du courant* ». La réponse en groupe comporte un dessin de vélo (identique à celui proposé par un élément du groupe) et un texte reprenant l'idée du « *mouvement du vélo* » qui fait que la « roue tourne » et « *le galet frotte le pneu lors de son mouvement de rotation et cela produit du courant électrique permettant à la lampe de s'allumer* ». L'écrit de ce groupe précise que le fil doit relier la lampe et la dynamo.

Dans le groupe 3, deux élèves rendent compte de l'observation empirique (allumage de la lampe) comme constat et cite les différentes parties de la génératrice de vélo. Les deux autres expliquent l'allumage de la lampe par le fait qu'« *en pédalant, le pneu tourne* » et fait tourner « *le galet de la dynamo qui fournit de l'énergie électrique* ». L'un dit que « *l'aimant frotte la bobine et aussitôt, nous avons la lumière* » tandis qu'un autre explique que cette énergie « *quitte les deux bornes de la dynamo, traverse les fils conducteurs ... et va dans les lampes* ». La réponse du groupe (non lissée) que nous donnons ci-dessous, ne comporte aucun schéma :

« *En roulant un vélo, le galet du dynamo frotte le pneu et tourne. En tournant il tourne aussi l'aimant. Ce qui fournit de l'énergie électrique. Cette énergie électrique passe par les deux bornes du dynamo et traverse les fils conducteurs et va dans les lampes. Ce qui entraîne le jaillissement de l'éclairage* ».

Dans le groupe 4, un élève se contente de dire que « *pour qu'une lampe s'allume, il faut d'abord que l'installation soit bien faite* » ; deux autres disent que pour allumer une lampe (donc pour lui, produire le courant alternatif), « *on a besoin d'un galet, d'un aimant, d'un fer doux et d'une bobine* » ; un autre se contente de citer les différentes parties de la génératrice de vélo et un autre explique comme ceci (réponse non lissée):

⁸ WALLISER B., 1977, Systèmes et modèles, Paris, Seuil, 1977 (pp. 153-155).

⁹ Ce document est dénommé "cahier d'activités". C'est le manuel des élèves.

« L'allumage de la lampe électrique d'un vélo fait suite à un mouvement de rotation au niveau de l'alternateur de bicyclette qui consiste à mettre en rotation : le galet, la bobine, le fer doux autour de l'aimant qui assure la conduction vers les lampes ».

Cette réponse de l'élève est reprise quasiment à l'identique par le groupe.

Que retenir des écrits des élèves pendant cette deuxième phase ?

Nous constatons que les réponses naïves et individuelles de certains élèves ne sont pas reprises dans les réponses en groupes. Celles-ci mentionnent toutes le fait expérimental de « rotation de l'aimant dans la bobine pour produire l'énergie électrique ». Ce qui montre que cette connaissance qui pourrait être un obstacle plus tard, est entrain de se construire : l'apprentissage de la production du courant alternatif se met progressivement en place, mais avec des mots pour le dire qui ne sont pas encore appropriés.

Étude des écrits d'élèves en réponses au sous problème 3

Dans l'étude des écrits des élèves pour répondre au sous problème 3, nous cherchons à savoir si avec le processus de dévolution, les élèves arrivent à passer d'un registre empirique (déviation de l'aiguille du galvanomètre dans un sens comme dans l'autre suite au mouvement de l'aimant par rapport à la bobine et suite au mouvement de la bobine par rapport à l'aimant) à un registre du modèle de fonctionnement de l'alternateur : « c'est l'interaction entre un aimant et une bobine en mouvement l'un par rapport à l'autre, qui produit l'énergie électrique que l'on peut consommer ».

Comme dans le deuxième sous problème, la production d'explication écrite par les élèves sur une observation empirique paraît très difficile. Certains se contentent de rendre compte des observations, d'autres reprennent l'explication établie dans le sous problème 2 (modèle de la « dynamo » de bicyclette) et semblent ne pas progresser dans leur pensée pour aller au-delà de cette explication. Peu d'élèves se sont efforcés de dépasser la narration des observations dans leur écrit.

Examinons tous les écrits (lissés : correction de quelques fautes et complément par des mots ou expressions entre crochets pour permettre au lecteur de vite saisir le sens) des élèves :

Elève	Réponses écrites individuelles (sous problème 3)
E1	De tout ce qui précède la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre on peut dire que c'est en approchant l'aimant vers une bobine qu'on constate que le courant électrique circule. Alors on peut dire que ce n'est pas forcément que l'aimant et la bobine doit être en rotation avant de produire le courant électrique
E2	de tout ce qui précède nous pouvons tirer une loi: la rotation de l'aimant dans la bobine produit le courant électrique
E3	<i>pour produire le courant électrique il faut: la bobine, l'aimant, le galvanomètre.</i> Il suffit d' approcher le pôle [face] nord [de la bobine] à l'aimant et ça va se dévier vers la droite. Le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire. Ce qui entraîne le déplacement de l'aimant.
E4	pour produire du courant électrique, nous pouvons tirer une loi: <i>utiliser l'aiguille du galvanomètre, la bobine, l'aimant.</i>
E5	au regard des nouvelles expériences dont je viens de prendre connaissance j'améliore la conclusion provisoire: l'aimant [aiguille] du galvanomètre permet à la rotation de l'aimant dans la bobine de produit [produire] le courant électrique. Autrement dit: NOUS AVONS BESOIN DE L'AIMANT QUI VA TOURNER [DANS] LA BOBINE POUR QUE NOUS AYONS LE COURANT ELECTRIQUE.
E6	au regard des nouvelles expériences. On observe que quand on déplace l'un des pôles de l'aimant vers la bobine le galvanomètre dévie vers la gauche. Lorsqu'on approche l'un des pôles de l'aimant dans la bobine, on voit [que] le galvanomètre dévie dans le sens contraire. On observe que <i>l'aimant, la bobine et le galvanomètre sont très essentiels pour la production du courant électrique</i>
E7	lorsqu'on approche l'aimant à une bobine, on observe à l'aide du galvanomètre que ça produit le courant électrique. ALORS POUR AVOIR LE COURANT ELECTRIQUE NOUS AVONS BESOIN DE LA BOBINE ET DE L'AIMANT
E8	au regard des nouvelles expériences dont je viens de prendre connaissance on peut conclure que la bobine et l'aimant du galvanomètre sont des éléments essentiels dans la production du courant électrique. De tout ce qui précède nous avons toujours besoin de L'AIMANT QUI VA TOURNER [DANS] LA BOBINE AFIN QUE NOUS AYONS LE COURANT ELECTRIQUE.
E9	LA ROTATION DE L'AIMANT DANS LA BOBINE au cours du branchement de la [du] galvanomètre est que l'aiguille dévie vers la droite et retourne sur 0 (zéro). Et en maintenant les mêmes faces le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire.

E10	A l'approche de l'aimant vers la bobine il y a déviation du galvanomètre. L'aiguille est déviée vers la droite et retourne sur 0
E11	LA ROTATION DE L'AIMANT DANS LA BOBINE PRODUIT LE COURANT ELECTRIQUE car l'aimant attire la bobine d'où l'aiguille du galvanomètre est déviée vers la droite et retourne sur 0, après cela en maintenant les mêmes faces le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire.
E12	lorsqu'on approche de l'aimant vers la bobine on observe que l'aiguille se dévie vers la droite, donc il y a le courant électrique qui se produit. Par contre lorsqu'on le retranche [retire] on constate que l'aiguille se déplace dans le sens contraire
E13	A l'approche de l'aimant vers la bobine il y a déviation du galvanomètre dans le sens 1 (droite) et au retrait de l'aimant le galvanomètre dévie dans le sens 2 (gauche). [dès] l'approche de l'aimant vers la bobine connectée au galvanomètre, il y a le courant électrique.
E14	c'est l'approche de l'aimant à la bobine qui faire [fait] apparaître le courant électrique
E15	le galvanomètre est un ampèremètre très sensible; et lorsque l'aimant s'approche d'elle son aiguille dévie, alors il produit le courant électrique
E16	la rotation de l'aimant dans la bobine, l'aiguille est déviée vers la droite et retourne sur 0. et en maintenant les mêmes faces le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire. On peut dire que ce galvanomètre est un ampèremètre très sensible qui détecte de très faible intensité de courant. <i>nous pouvons conclure que à l'aide d'un galvanomètre et d'un aimant nous pouvons produire du courant électrique</i>
E17	LE COURANT ELECTRIQUE SE PRODUIT A L'AIDE D'UNE ROTATION DE L'AIMANT DANS LA BOBINE DE BICYCLETTE le galvanomètre est un ampèremètre très sensible qui détecte les mêmes faces et le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire de même sens. et l'aiguille est déviée vers la droite et retourne sur 0 et l'aiguille est déviée vers la gauche et retourne sur 0
E18	LA ROTATION DE L'AIMANT DANS LA BOBINE PRODUIT LE COURANT ELECTRIQUE, car lorsque l'aimant s'approche du [de la] bobine ça produit de l'énergie et l'aiguille est déviée vers la droite et retourne sur 0. donc la rotation dans la bobine permettait à la lampe de bicyclette de s'allumer
E19	<i>pour produire le courant électrique, nous pouvons utiliser un galvanomètre et un aimant.</i> En approchant l'aimant d'une bobine et en le retirant on constate le déplacement de l'aiguille dans les deux sens; en retirant l'aimant l'aiguille dévie dans le sens contraire. LA ROTATION [DE ?]DANS LA BOBINE PRODUIT LE COURANT. le galvanomètre est un ampèremètre très sensible qui produit de très faible quantité de courant électrique.
E20	lorsque l'aimant s'approche de la bobine, ça produit de l'énergie et l'aiguille du galvanomètre dévie

Tableau 3 Les écrits individuels des élèves en réponse au sous problème 3

Ces écrits individuels, nous montrent des types de réponses qui nous semblent induites par l'observation de la monstration. Certains parlent de l'alternateur (E2 ; E5 ; E8 ; E11 ; E17 ; E18), les autres parlent de l'expérience:

- la formulation « la rotation de l'aimant dans la bobine produit le courant électrique » est remplacée par une formulation du genre « *c'est en approchant l'aimant vers la bobine qu'on produit le courant électrique* » ; (Texte **en caractère gras** : E1 ; E3 ; E13)

- certains persistent avec le modèle de la bicyclette pour dire que « la rotation de l'aimant dans la bobine produit le courant électrique » ; (Texte EN LETTRES CAPITALES foncé : E5 ; E8 ; E9 ; E11 ; E17 ; E18 ; E19)

- certains pensent que le galvanomètre intervient aussi dans la production de l'énergie électrique. Ils l'associent à l'aimant et la bobine pour dire que ce sont des éléments essentiels dans la production de l'énergie électrique. (Texte *en italique* : E3 ; E4 ; E6 ; E16 ; E19)

Nous remarquons que les élèves parlent seulement du mouvement de l'aimant par rapport à la bobine et pas inversement du mouvement de la bobine par rapport à l'aimant.

Nous remarquons aussi que les élèves assimilent la déviation de l'aiguille du galvanomètre à une existence de courant électrique lorsqu'on approche l'aimant de la bobine. Mais ils ne semblent pas relier sa déviation dans le sens contraire lors du retrait de l'aimant comme un indice d'existence d'un courant électrique. En effet tous ceux qui ont parlé de retrait de l'aimant n'ont pas parlé de courant électrique par la suite.

Nous pensons que cette attitude serait la conséquence de l'existence d'une conception substantialiste du courant électrique décrite par Tiberghien & Delacôte (1976), Closset (1983 & 1989), Dupin & Johsua (1986), Benseghir (1988), Tiberghien (1994), Shipstone & al (1998), Oké & Briaud (2012), car il semble que pour ces élèves : si le courant électrique est allé dans un sens, il ne peut plus retourner pour aller dans l'autre sens ou alors il diminue. En effet certains élèves confondent le concept de courant électrique et celui d'énergie électrique (Briaud, 2010).

Pour eux, si l'énergie électrique (qu'ils confondent à courant électrique) est allée dans un sens (matérialisé par la déviation du galvanomètre) pour être consommée, elle ne peut plus retourner dans l'autre sens pour aller vers la source productrice.

Le travail en groupe a permis de ne pas reprendre la pensée naïve de certains élèves qui croient que le galvanomètre participe à la production du courant électrique. En effet, aucune réponse écrite des groupes n'affiche ce type de réponse. Les transcriptions nous montrent de vives disputes dans le groupe 2, mais les élèves n'argumentent pas leur proposition de réponse. Le groupe 2 est constitué des élèves E11, E12, E13, E14, E15 et E16. D'abord chaque élève a lu sa proposition de réponse. Il nous semble que l'élève E14 a une forte influence (peut être qu'il est « leader ») sur ses camarades au point d'imposer qu'il présentera sa réponse individuelle en dernière position. Il a voulu imposé sa proposition, mais finalement la réponse du groupe a été celle-ci : *« A l'approche de l'aimant vers la bobine connecté au galvanomètre, il y a la production du courant électrique qui fait dévier l'aiguille vers le sens 1 droite. Au retrait de l'aimant de la bobine on constate que l'aiguille se déplace dans le sens contraire. C'est l'approche de l'aimant à la bobine qui produit le courant électrique. »* Cette formulation de réponse au sous-problème³, qui reste sur la description des expériences présentées est une combinaison de parties de toute les réponses individuelles. Seul l'élève E11 a tenté un transfert des faits expérimentaux de la monstration sur le fonctionnement de l'alternateur de bicyclette, mais cette partie de sa réponse individuelle n'a pas été prise en compte. Le groupe 3 est constitué des élèves E5, E6, E7 et E8. Ce groupe avait vite fini parce que les réponses individuelles convergeaient. Ces élèves ont tenté un transfert des faits expérimentaux de la monstration sur le fonctionnement de l'alternateur de bicyclette. Contrairement au groupe 2 le débat n'a pas été vif, les élèves se sont rapidement entendus pour donner la réponse suivante *« au regard des nouvelles expériences dont nous venons de prendre connaissance, on peut dire que la bobine et l'aimant sont les éléments essentiels pour la production du courant électrique. »*. Le groupe 4 est constitué des élèves E1, E2, E3 et E4. Dans ce groupe les élèves recherchent explicitement la formulation d'une « loi » de production du courant électrique. Après que chacun ait présenté sa réponse individuelle, les élèves décident de retenir la production de l'élève E1 comme production du groupe sans débat. E2, E3 et E4 ont décidé d'abandonner purement et simplement leurs réponses individuelles au profit de celle de E1 et la réponse du groupe est *« de tout ce qui précède la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre, on peut dire que c'est en approchant l'aimant vers la bobine qu'on constate que le courant électrique circule. Ainsi le retrait de l'aimant entraîne une déviation dans le sens contraire du galvanomètre. Alors on peut dire que ce n'est pas forcément que l'aimant et la bobine doit être en rotation avant de produire le courant électrique »*. E1 et E2 tentent un transfert des faits expérimentaux de la monstration sur le fonctionnement de l'alternateur de bicyclette tandis que E3 et E4 restent sur la description des expériences présentées. Nous n'avons pas pu enregistrer le groupe 1 à cause d'un défaut d'enregistreur car les élèves travaillent simultanément.

Que retenir des écrits des élèves dans cette résolution du sous problème 3 ?

Dans les réponses de groupes nous ne constatons pas les "réponses naïves" contenues dans les écrits individuels, mais la formulation du principe de fonctionnement de l'alternateur n'est pas trouvée. Douze (12) élèves (E3, E4, E9, E10, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19 et E20) soit 60% des sujets restent sur la description des expériences présentées tandis que huit (8) élèves (E1, E2, E5, E6, E7, E8, E11 et E18) tentent un transfert pour le fonctionnement de l'alternateur de bicyclette, soit 40%. Il nous semble qu'il est difficile pour nos élèves travaillant seul de relier le mouvement relatif (de la bobine par rapport à l'aimant et de l'aimant par rapport à la bobine) à la création d'un courant électrique alternatif, donc au fonctionnement de l'alternateur de bicyclette. La conception substantialiste du courant électrique et la non maîtrise de la relativité du mouvement chez des élèves semblent empêcher l'apprentissage du fonctionnement de l'alternateur dans la production de l'énergie électrique. La monstration de l'expérience n'a pas provoqué une véritable déstabilisation du modèle de fonctionnement de l'alternateur de la bicyclette chez des élèves. Il semble que l'élaboration ou la prise de conscience d'une modélisation par les élèves ne va pas de soi. Nous rejoignons Dumas-Carré, Goffard, & Gil-Perez, (1992) pour qui cette difficulté liée aux activités de résolution de problème est diffuse dans le processus d'élaboration d'une nouvelle représentation par les élèves.

Conclusion

La construction syntaxique des phrases par les élèves dans un nouvel apprentissage est très difficile comme l'ont montré les réponses écrites que nous avons étudiées. Dans l'apprentissage sur la production du courant alternatif, des "réponses naïves" sont présentes dans les écrits individuels des élèves. Ces réponses naïves peuvent provenir des expériences ou des observations quotidiennes de l'élève ou même des observations empiriques d'une monstration en classe par exemple. Celles-ci peuvent disparaître lorsque les élèves doivent donner une réponse écrite en groupe. Mais ce n'est pas systématique.

Pour répondre au problème posé sur la production de l'énergie électrique pour la consommation, les élèves paraphrasent le texte mis à leur disposition. Certains parlent de l'expérience qui leur est proposée puis menée par l'enseignant et ne vont pas au-delà pour rentrer dans un registre explicatif du phénomène de la

production du courant alternatif. Il nous semble que la conception substantialiste du courant électrique et la non maîtrise de la relativité du mouvement chez des élèves empêchent la production d'explication adéquate sur le phénomène de production du courant alternatif. Il est difficile pour les élèves de ce niveau de formuler une explication, si simple soit-elle comme l'interaction entre aimant et bobine en mouvement. Il leur est aussi très difficile de coordonner et de tenir un débat en travail de groupe sur les faits observés. Des efforts restent à faire dans la plénière avec l'aide de l'enseignant pour atteindre la conceptualisation effective d'un déplacement relatif des deux parties du dispositif afin d'aller vers un apprentissage effectif du phénomène de production du courant électrique alternatif. L'action enseignante semble nécessaire après tout ce travail des élèves en vue d'une appréhension effective du phénomène en jeu. Nous pouvons aussi affirmer en accord avec Papamichael & Ravanis (1993) que la seule activité de l'enfant, même dans un travail de groupe ne suffit pas pour faire vraiment progresser ses connaissances.

L'analyse a posteriori de l'action enseignante avec ces élèves permettrait de saisir davantage la portée du travail engagé.

Références bibliographiques

- Andreani J-C. & Conchon F., (2005), Méthodes d'analyse et d'interprétation des études qualitatives : état de l'art en marketing, *congrès international "tendance en marketing"*, Paris, 21 & 22 janvier 2005, 26p
- Barlow M., (1993), *Le travail en groupe des élèves*, col « enseigner », Armand Colin
- Benseghir, A. (1988). Formation des concepts d'électrocinétique : un point de vue historique, technologies, idéologies, pratiques. *Publication de l'université de provence*, vii, 2, pp. 7-21
- Berelson B. (1952), *Content analysis in communication research*, the free press
- Boilevin J-M., (2005) Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster 40*, 13-37.
- Briaud, P. (2010), Influence des variables didactiques sur la problématisation des apprenants : étude de cas en physique en électricité en 1^{ère} s et en formation des professeurs des écoles. *Congrès aref : actualité de la recherche en éducation et formation*. 13 au 16 septembre 2010. Genève, suisse.
- Brousseau G.G. (2004), *Théorie des situations didactiques*. La pensée sauvage. 2^{ème} édition
- Bruner, J.-S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : p.u.f
- Chalmers, A.-F. (1987). *Qu'est-ce que la science ?* Paris : la découverte.
- Closset J.-L. (1983). D'où proviennent certaines « erreurs » rencontrées chez les élèves et les étudiants en électrocinétique ? Peut-on y remédier ?, *bulletin de l'union des physiciens*, n°657, p.81
- Closset J.-L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bup*, n° 716, pp. 931-950.
- Dumas-Carré, A & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches*. Paris : Armand Colin.
- Dumas-Carré, A. & Weil-Barais, A. (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- Dumas-Carré, A., Goffard, M. & Gil-Perez, D. (1992). Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *Aster 14*, 53-75.
- Dupin, J. J. & Joshua, S. (1986). L'électrocinétique du collège à l'université : évolution des représentations des élèves, et impact de l'enseignement sur ces représentations, *bup* 683, p.779-800
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris. Presses Universitaires de France.
- Goffard, M., & Dumas-Carré, A. (1993). Le problème de physique et sa pédagogie. *Aster 16*, 9-28.
- Joshua, S. & Dupin, J. J. (1989). *Représentations et modélisations : « le débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- Oke, E., & Briaud, P. (2012). Processus d'étayage d'un enseignant pour attaquer une conception erronée des élèves sur le concept de courant électrique dans un dispositif d'enseignement-apprentissage par problème au Bénin : étude de cas en classe de seconde. *Actes des 7^{èmes} rencontres scientifiques de l'ardist*. Bordeaux
- Papamichael, Y., & Ravanis, K.K. (1993), la compréhension de la notion du champ magnétique par les enseignants en formation de l'école primaire, *spirale* n°10-11, pp.249-262
- Pochet, B. (1995). Le « problem-based learning » une révolution ou progrès attendu. *Revue française de pédagogie 111*, 95-107.
- Robardet, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir des situations problèmes. *Bulletin de l'union des physiciens 720*, 17-28
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'union de physiciens 836*, 1173-1190
- Shipstone, D. M., Rhoneck, C. Von, Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J. J., Joshua, S. & Licht, P. (1998). A study of secondary student's understanding of electricity in five european countries, *international journal of science education*, 10, 303-316.

- Tiberghien A. & Delacôte G. (1976). Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans. *Revue française de pédagogie*, 34, 32-44.
- Tiberghien, A., (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instruction*, vol.4, n°1, p.71-87.
- Tomasino, A., (1989). Livre de physique terminale C
- Walliser B., (1977), *Systèmes et modèles*, Paris, Seuil, pp.153-155

Annexes

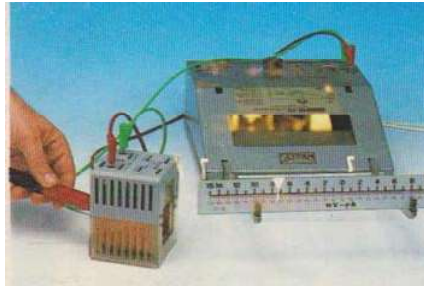


Figure 1 : Monstration : les déplacements de l'aimant ou de la bobine engendrent un courant (fig 1: Tomasino Terminale C, p.164)

Figure 2 : Les déplacements de l'aimant pendant que la bobine est fixe (Fig 9. p.167, Tomasino Terminale C)

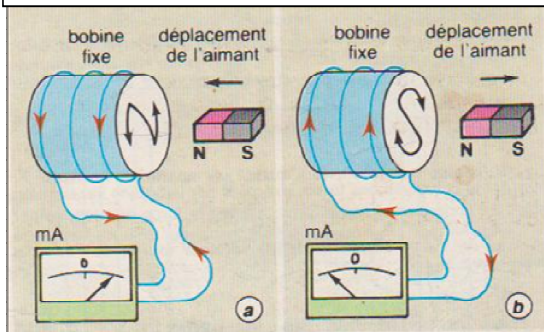


Figure 3 : Les déplacements de la bobine pendant que l'aimant est fixe (Fig 9. p.167, Tomasino Terminale C)

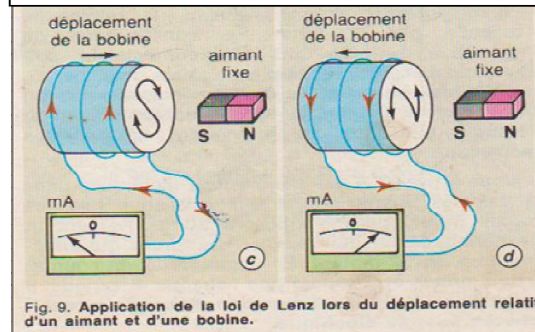


Fig. 9. Application de la loi de Lenz lors du déplacement relatif d'un aimant et d'une bobine.