

Initiation à l'approche hypothético-déductive en formation initiale des futurs enseignants de physique aux écoles normales supérieures en Algérie

AMMAR OUARZEDDINE

École Normale Supérieure de Sétif
Algérie
a.ouarzeddine@ens-setif.dz

ABSTRACT

This research work concerns an initiation to the experimental scientific approach carried out as part of the initial training of the future teachers of physics trained at the Teacher Education College of Sétif - Algeria. The objective of this didactic experiment relates to the acquisition, by the students questioned, of knowledge relating to the scientific methodology considered as a basic competence targeted in college and secondary school physics programs. In the educational practices to be adopted by future physics teachers, it's important to provide them with training to clarify the dynamics of conceptualization and abstraction which has characterized the process of developing scientific knowledge. This type of epistemological training is, therefore, likely to enable them to overcome their dominant "empiricist" conception of science and which ignores the theorizing efforts essential to the establishment of scientific knowledge. The results obtained highlight the considerable attractiveness of the scientific approach implemented in the characterization of the electric motor, raising debates in class to argue the choices made by the students. In this regard, a great motivation and a real implication of students in the resolution of physics problem has been noted. We believe that this motivation of future teachers of physics is aroused by the experiential approach employed characterized by perfect harmony with the foundations of the socio-constructivist theory of science learning.

KEYWORDS

Initial training, physics, experimental scientific approach, future teachers

RÉSUMÉ

Ce travail de recherche concerne une initiation à l'approche hypothético-déductive réalisée dans le cadre de la formation initiale des étudiants de fin de cycle de la spécialité physique à l'école normale supérieure de Sétif - Algérie. L'objectif visé par cette expérimentation didactique a trait à l'acquisition, par les étudiants normaliens, du savoir relatif à la méthodologie scientifique considérée comme une compétence de base ciblée dans les programmes scolaires des sciences physiques des cycles d'enseignement moyen et secondaire. Dans les pratiques pédagogiques à adopter par les futurs enseignants des sciences physiques, il est important de leur assurer une formation pour leur éclaircir la dynamique de la conceptualisation qui a caractérisé le processus de l'élaboration des savoirs scientifiques. Les résultats obtenus mettent en évidence une attractivité considérable de l'approche scientifique mise en œuvre dans la caractérisation du moteur électrique étudié soulevant des débats en classe pour argumenter les choix opérés par les étudiants. Une telle motivation des

apprenants est suscitée par l'approche expérimentale employée caractérisée par une parfaite harmonie avec les fondements de la théorie socio-constructiviste de l'apprentissage des sciences.

MOTS-CLÉS

Formation initiale, physique, approche hypothético-déductive, futurs enseignants

INTRODUCTION

Dans les programmes scolaires des sciences physiques des différents pays, l'apprentissage des savoirs liés à la méthode scientifique représente une compétence fondamentale ciblée par l'enseignement des contenus concernés. Ce choix est en harmonie avec les rénovations introduites depuis une quinzaine d'années dans les approches d'enseignement des sciences fondées essentiellement sur l'investigation et le renforcement de la mise en œuvre de la démarche hypothético-déductive dans les activités d'apprentissage des sciences physiques (Commission Nationale des Programmes des sciences physiques, 2016).

À ce propos, il est nécessaire d'adapter la formation des futurs enseignants à ces nouvelles orientations didactiques. Ce type de besoin se justifie davantage par les données de recherche en didactique des sciences dont plusieurs études ont confirmé la présence de lacunes, chez les enseignants des sciences physiques, liées à leurs aptitudes limitées à réfléchir sur les aspects épistémologiques des sciences (Ouarzedinne, Gomatos, & Ravanis, 2020; Mujawamariya, 2000; Pélissier, Venturini, & Calmettes, 2007; Porlän et al., 1998; Roletto, 1998).

Cet ensemble de considérations justifie l'intérêt d'initier les futurs enseignants de physique à l'épistémologie de la démarche hypothético-déductive dans l'enseignement des contenus scientifiques. La maîtrise des savoirs épistémologiques et méthodologiques ayant trait à cette méthode par ces derniers serait susceptible d'entraîner une motivation de leurs élèves lorsqu'ils utiliseraient ultérieurement ce genre de savoir dans leurs activités didactiques en classe (Boilevin, 2013; Brickhouse, 1990; Festiyed & Iswari, 2019; Hussain, Azeem, & Shakoor, 2011; Wiyanto et al., 2017).

Dans ce cadre, la présente étude concerne une expérimentation didactique sous forme d'une initiation des futurs enseignants de physique, formés à l'école normale supérieure de Sétif (Algérie), à l'approche hypothético-déductive appliquée pour déterminer les grandeurs qui caractérisent un moteur électrique à courant continu.

Ce travail de recherche vise l'acquisition, par les futurs enseignants de physique, des compétences épistémologiques et méthodologiques indispensables à l'usage de la méthode expérimentale hypothético-déductive dans leurs activités didactiques en classe. De telles compétences seraient susceptibles de contrarier les représentations « naturalistes » soulignées par Désautels et al. (1993), Orange (2005) et Robardet (1998) chez une partie non négligeable d'enseignants des sciences selon lesquelles la réalité s'offre naturellement à l'observateur.

Avant de présenter les activités qui ont été réalisées, nous exposerons des éléments de savoir ayant trait à l'épistémologie de l'approche expérimentale hypothético-déductive.

ÉLÉMENTS DE SAVOIR RELATIFS À L'ÉPISTÉMOLOGIE DE LA DÉMARCHE HYPOTHÉTICO-DÉDUCTIVE

Actuellement, une définition consensuelle de la notion de « science » pose des difficultés au sein de la communauté scientifique (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1986;

Meichtry, 1993; Richard, 2012). Cependant, cette activité intellectuelle humaine peut être considérée comme un processus collectif, c'est-à-dire de collaboration et de contribution des savants, pour construire une représentation cohérente des faits observés (Boilevin, 2013, p. 40).

Du point de vue épistémologique axé sur la nature de l'activité scientifique, les spécialistes des sciences et de sa philosophie distinguent plusieurs catégories de science: la science de référence qui se fait en laboratoires de recherche, la science et ses pratiques envisagée par les épistémologues et, enfin, la science transposée à l'école par les concepteurs des programmes scolaires et les didacticiens des disciplines scientifiques sous forme d'activités d'enseignement et d'apprentissage afin d'assurer une formation scientifique adéquate au profit des élèves. Une telle distinction a été bien soulignée par Jorde (2009) qui a jugé que le travail des scientifiques est toujours différent de la science présentée aux élèves dans les établissements scolaires (cité par Boilevin, 2013, p. 239). La différence soulevée par cet auteur se justifie par des contraintes objectives qui imposent des efforts de transformation et d'adaptation du savoir savant pour que ce savoir de référence puisse devenir un savoir à enseigner dont l'acquisition des savoirs ayant relation à la démarche scientifique telle que l'approche hypothético-déductive forme une compétence fondamentale visée dans l'enseignement-apprentissage des sciences.

Du point de vue épistémologique, l'approche hypothético-déductive est fondée principalement sur la primauté de la théorie sur les faits d'observation (Bächtold, 2012; Bunge, 1975; Johsua & Dupin, 1993; Popper, 1978). Cette démarche scientifique, opposée à l'inductivisme naïf, est constituée de plusieurs étapes logiquement enchaînées formant une structure cohérente.

La formulation de la problématique constitue la première étape de cette démarche. L'importance de cette étape a été soulignée par Bachelard (1977, p. 14) dans cet extrait : « *L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement (...). Pour l'esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question* ».

Ainsi, il est actuellement admis que le savoir scientifique est un produit résultant d'une démarche objective de résolution de problématiques.

Dans ce raisonnement scientifique, la recherche des réponses aux problèmes posés implique la supposition des hypothèses bien déterminées. Ces dernières représentent des réponses éventuelles et testables aux questionnements posés. Toutefois, d'après Hempel (1972), il est impossible d'être absolument certain de la véracité d'une hypothèse dans toutes les situations où elle s'applique. Ainsi, elle n'est que vérifiable. Pour sa part, Duhem (1914/1989) a soutenu que dans la mise à l'épreuve d'une hypothèse, toute la théorie scientifique du champ du savoir concerné est engagée puisque généralement les hypothèses ont une assise théorique et, donc, elles ne sont pas des propositions isolées.

Dans ce même processus de raisonnement hypothético-déductif, la place attribuée à l'expérimentation est centrale dans cette approche scientifique puisqu'elle consiste à la mise à l'épreuve de la validité des hypothèses supposées dont le résultat de cette opération fournira aux scientifiques un cadre explicatif du phénomène étudié. Concernant ce point précis, Boilevin (2005, p. 21) a souligné que l'expérience en physique est liée à la recherche de preuves objectives pour expliquer les faits observés.

PRÉSENTATION DE L'EXPÉRIMENTATION DIDACTIQUE

Pour appliquer la démarche scientifique hypothético-déductive, nous avons choisi comme objet d'étude la détermination des grandeurs physiques qui caractérisent un moteur électrique

à courant continu pour déduire expérimentalement la loi physique $U = f(i)$ spécifique à ce type de dipôle passif transformant l'énergie électrique en énergie mécanique.

L'outil de recherche utilisé (Encadré 1) est constitué d'une situation- problème composée de deux circuits électriques accompagnée d'un questionnaire papier- crayon (Benseghir, Roumili, & Mokhnache, 2008).

ENCADRÉ 1

Questionnaire- outil utilisé

Partie 1 :

On réalise un circuit électrique simple composé d'un générateur électrique (6 V), d'un interrupteur et d'une ampoule. En fermant ce circuit, l'ampoule brille d'un certain éclat (Figure 1)

Observer cet éclat de l'ampoule.

On réalise un autre circuit électrique composé d'un générateur électrique (6 V), d'un interrupteur, d'une ampoule identique à celle du circuit précédent et d'un petit moteur électrique à courant continu.

On bloque le moteur électrique (rotor immobile)

et on ferme le circuit électrique (Figure 2).

Répondre à la question suivante en mettant (x) dans la case de la proposition qui vous semble correcte :

Par rapport à la brillance de l'ampoule dans le circuit précédent, dans ce cas l'ampoule brillera:

plus fort aussi fort moins fort

Justifier votre réponse.

Partie 2 :

On débloque le moteur électrique pour laisser son rotor tourne (Figure 3).

Cochez la case qui correspond à la proposition qui vous semble correcte :

Par rapport à la brillance de l'ampoule dans le circuit 2 (moteur bloqué), celle- ci brillera :

plus fort aussi fort moins fort

Justifier votre réponse.

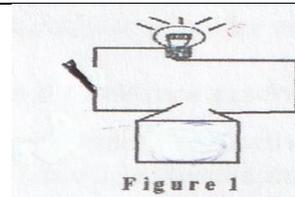


Figure 1

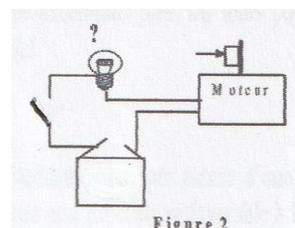


Figure 2

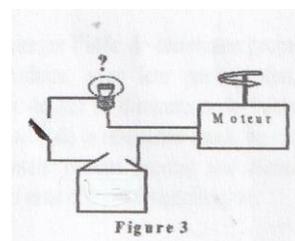


Figure 3

La présente expérimentation didactique appartient au modèle d'enseignement selon l'approche constructiviste (Driver & Oldham, 1986; Robardet, 2001). Son adoption vise l'implication effective des étudiants dans la résolution du problème physique posé.

L'expérimentation didactique a été réalisée aux débuts des années universitaires 2020/2021 et 2021/2022 à l'école normale supérieure de Sétif (Algérie) dans le cadre de l'enseignement du contenu du module intitulé : épistémologie et didactique de physique. Ce module concerne les programmes de la spécialité : Sciences physiques de 4^{ème} année du cycle d'enseignement moyen (Bac + 4) et 5^{ème} année du cycle d'enseignement secondaire (Bac + 5).

Notons, enfin, que tous les étudiants de 4^{ème} année et 5^{ème} année ont participé à cette activité d'expérimentation didactique dont leur âge moyen est d'environ 22 ans et leur nombre total est de l'ordre de 41 étudiants.

Le schéma des activités suivi dans la réalisation de ce travail didactique est le suivant :

- présentation d'un rappel portant sur les dipôles électriques actifs et passifs;
- formulation du problème relatif à la caractérisation physique du moteur électrique et la détermination de sa loi spécifique $U = f(i)$;
- expression des prévisions par les étudiants en répondant au questionnaire;

- dépouillement collectif des réponses des étudiants interrogés;
- débats contradictoires pour argumenter les prévisions exprimées;
- mise à l'épreuve expérimentale des prévisions et;
- présentation d'un éclaircissement théorique des données confirmées par la validation expérimentale des hypothèses exprimées sous forme de prévisions.

Dans cette communication, nous nous focaliserons sur la présentation des activités effectuées relatives à la première partie qui concerne la détermination expérimentale des grandeurs qui caractérisent le moteur électrique à courant continu.

DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS ET RÉSULTATS

Mise en évidence de la résistance du moteur électrique

Présentation du problème et explicitation des prévisions

Nous avons entamé cette initiation à l'approche expérimentale hypothético-déductive par un rappel portant sur un dipôle actif (générateur électrique) et l'autre passif (résistance ohmique) et les lois physiques $U = f(i)$ qui les caractérisent (U : tension électrique entre les bornes du dipôle ; i : l'intensité du courant électrique qui le traverse)

Ensuite, nous avons évoqué le problème à traiter dans cette étude didactique exprimé à travers les questionnements suivants :

- Quelles sont les grandeurs physiques qui caractérisent un récepteur électrique tel que le moteur électrique à courant continu ?
- Quelle est la loi caractéristique $U = f(i)$ spécifique à un moteur électrique ?

Afin d'apporter des éléments de réponse au premier questionnement posé, nous avons présenté la première partie du questionnaire aux étudiants qui y répondent par écrit d'une façon individuelle et anonyme. Le dépouillement des prévisions réalisé par des étudiants volontaires montre l'apparition de deux catégories d'hypothèses adoptées (Tableau 1).

TABLEAU 1

Fréquences des prévisions des étudiants interrogés exprimées en (%)

	Prop. 1 (éclat plus fort)	Prop. 2 (éclat aussi fort)	Prop. 3 (éclat moins fort) Réponse Correcte
N = 41	0	16	25
%	0	39,0	61,0

La proposition 3 représente l'hypothèse correcte puisque l'éclat moins fort de l'ampoule s'explique par la diminution de l'intensité du courant électrique induite par l'augmentation de la résistance ohmique résultante du circuit électrique. Cette augmentation revient à la présence d'une résistance ohmique du fil conducteur utilisé dans la fabrication des bobines de ce dipôle passif.

Dans les choix opérés par les étudiants interrogés, nous constatons l'absence de consensus dans les réponses de ces futurs-enseignants de physique. Ce constat a suscité, dans chaque groupe d'étudiants, une certaine consternation et étonnement.

Débats contradictoires et mise à l'épreuve des hypothèses

Un débat s'est déroulé en classe axé sur l'argumentation du choix des prévisions. Les justifications présentées sont conformes, en grande partie, aux commentaires évoqués préalablement par écrit dans le questionnaire utilisé.

Concernant la prévision erronée (proposition 2), les arguments soulevés par les étudiants concernés s'appuient sur le blocage du moteur électrique qui entraîne l'idée de l'absence de la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique. Un étudiant de 5^{ème} année a écrit : « *Dans le cas où l'axe du moteur ne tourne pas, il n'y a pas de transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique. Donc, il n'y a pas de perte de l'énergie électrique ; ce que signifie que l'intensité du courant électrique ne change pas par rapport à l'expérience précédente* ».

Dans cette catégorie de réponses, d'autres étudiants ont considéré le moteur électrique comme un fil conducteur « parfait » ; ce qui implique forcément que l'intensité du courant dans le circuit électrique reste constante.

Pour l'hypothèse correcte (proposition 3), l'argument principal largement avancé par une catégorie d'étudiants est fondé sur la confusion entre le courant électrique et l'énergie électrique. Au lieu de faire référence à l'idée que le moteur électrique bloqué se comporte comme une résistance ohmique dont son insertion dans le circuit électrique conduit à l'augmentation de la résistance résultante de ce circuit, près de 67% des étudiants ayant choisi la proposition 3 considèrent que le moteur électrique consomme de l'énergie électrique malgré son blocage et provoque la diminution de l'éclat de l'ampoule. À titre d'exemple, un étudiant de 4^{ème} année a justifié son choix correct de l'hypothèse 3 comme suit : « *car le moteur consomme de l'énergie électrique malgré qu'il n'a pas transformé ce type d'énergie en énergie mécanique vu le blocage de son rotor* ».

Cependant, une partie des étudiants de ce groupe ont argumenté correctement leur choix par l'introduction de la notion de la résistance « interne » du moteur électrique.

Au terme du débat, les étudiants maintiennent majoritairement leurs positions initiales. Ils ont affiché avec impatience leur désir à procéder à la mise à l'épreuve expérimentale des hypothèses qu'ils ont adopté afin de sortir de la situation d'impasse enregistrée.

Validation expérimentale des hypothèses et l'effet de surprise engendré :

L'expérience réalisée par les étudiants eux-mêmes regroupés autour d'une table sur laquelle est déposé le montage électrique a soulevé une certaine surprise pour les étudiants ayant supposé que l'éclat de l'ampoule reste inchangé. Pour les convaincre, cette expérience a été refaite plusieurs fois.

Devant le résultat expérimental constaté et malgré les signes de surprise observables sur les visages de nombreux étudiants, l'expérience réalisée semble jouer le rôle de « juge scientifique » irréfutable. Aussitôt, une étudiante de 5^{ème} année a présenté le commentaire suivant : « *Certes, mon choix de l'hypothèse 2 s'avère erroné. Mais, je l'assume et je l'accepte car le résultat de l'expérience en physique ne peut jamais être mis en cause* ».

Éclaircissement théorique de la notion de résistance du moteur électrique

Après ce verdict expérimental, nous avons présenté un éclaircissement conceptuel de la notion de résistance du moteur électrique. À ce propos, on a justifié cette résistance par l'utilisation d'un fil de longueur (l), de section (s) et de résistivité (ρ) dans la constitution des bobines du moteur électrique. Leur connaissance antérieure de la loi de la résistance ohmique (R) d'un fil conducteur exprimée habituellement par la relation $R = \rho \cdot l/s$ nous a facilité l'introduction de la notion de résistance du moteur afin de leur expliquer l'éclat moins fort de l'ampoule.

Mise en évidence de la notion de force contre-électromotrice

Explicitation des prévisions

Nous avons suivi la même procédure didactique qui a été adoptée dans la partie précédente.

Dans cette partie, le rotor du moteur électrique est libre. Ce fait a suscité une dispersion notable des prévisions des étudiants interrogés (Tableau 2). En outre, les justifications écrites avancées pour argumenter le choix de la proposition correcte « diminution de l'éclat de l'ampoule » n'évoquent que très rarement le concept physique requis, celui de la force contre-électromotrice.

TABLEAU 2

Fréquences des prévisions des étudiants interrogés exprimées en (%)

	Prop. 1 (éclat plus fort)	Prop. 2 (éclat aussi fort)	Prop. 3 (éclat moins fort) Réponse Correcte
N = 41	13	11	17
%	31,7	26,8	41,4

L'éclat moins fort de l'ampoule représente l'hypothèse correcte de la question posée. L'explication scientifique de cette hypothèse correcte s'appuie sur les lois de l'induction électromagnétique dont la production d'une force contre-électromotrice entre les bornes des bobines du moteur entraînera l'induction d'un courant électrique de sens opposé au courant traversant le circuit électrique mais d'intensité inférieure à ce dernier. Par conséquent, l'intensité du courant électrique traversant le circuit électrique diminuera.

Majoritairement, le choix de l'hypothèse 1 erronée est argumenté par le rôle productif d'un courant électrique par le moteur électrique dont l'induction électromagnétique a constitué le principe scientifique de justification de l'adoption de cette hypothèse incorrecte. À ce propos, peut-on lire le commentaire suivant d'un étudiant de 4^{ème} année : « *Dans ce cas, je pense que le moteur électrique joue le rôle d'un dynamo. Selon les lois des phénomènes de l'induction électromagnétique, ce moteur produit un courant électrique de plus et l'éclat de l'ampoule devient, donc, plus fort* ».

En ce qui concerne le choix de l'hypothèse 2, l'idée de la constance de la tension entre les bornes de l'ampoule constitue l'argument principal soulevé par les étudiants de cette catégorie de réponses. De plus, d'autres étudiants ont évoqué la constance de la résistance ohmique du moteur électrique.

Pour l'adoption de la proposition 3 (réponse correcte), la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique entraîne, d'après le point de vue de la quasi-totalité des étudiants de cette catégorie, la diminution de l'intensité du courant électrique traversant le circuit électrique. À titre d'illustration, un étudiant de 5^{ème} année a précisé que : « *Puisque le moteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Cette transformation conduit à la diminution de l'intensité du courant électrique dans le circuit 3* ».

Débat argumenté et aboutissement à une situation d'impasse

Les étudiants des trois catégories de réponses ont tenté de montrer le bien fondé physique de leur choix de propositions. Le recours à la mise en œuvre des lois de l'électrocinétique, sous forme de formules physiques symboliques, a été constaté puisque plusieurs étudiants ont essayé de montrer « mathématiquement » la justesse de leurs prévisions.

Réaction au verdict expérimental

L'aboutissement à une situation d'impasse a suscité un besoin à réaliser l'expérience pour valider l'hypothèse correcte. La réalisation de l'expérience par les étudiants eux-mêmes a

engendré un étonnement chez les étudiants qui ont opté pour les propositions 1 et 2 car leurs prévisions se sont avérées non conformes au résultat de l'expérimentation.

Mise au point conceptuel de la notion de force contre- électromotrice

Le fait que les éléments électriques constitutifs du moteur restent inchangés durant la rotation de celui-ci suggère que la « résistance » conduisant à la diminution de l'éclat de l'ampoule serait de nature autre qu'ohmique.

Pour approcher le concept de la force contre- électromotrice, nous avons cherché les moyens permettant de s'opposer au passage du courant électrique dans le circuit. L'introduction de l'idée de l'induction électromagnétique d'une part, et le recours à l'analogie de générateurs (piles) reliés en opposition en effectuant des mesures de vérification d'autre part, nous ont facilité l'introduction de la deuxième grandeur caractérisant les récepteurs électriques : la force contre- électromotrice.

La première partie de cette expérimentation didactique s'achève par une synthèse relative aux deux grandeurs physiques qui décrivent les récepteurs électriques (moteurs, électrolyseurs, etc.) : résistance et force contre- électromotrice.

Première appréciation didactique du travail effectué

Il nous semble que la présente initiation à l'approche expérimentale hypothético- déductive a permis aux futurs- enseignants de physique de prendre conscience, même partiellement, de leurs éventuelles représentations erronées ayant rapport à la nature des sciences. Il est fort probable qu'ils seraient convaincus que le savoir scientifique est le produit de l'emploi d'un processus méthodologique d'investigation des faits réels basé sur la conceptualisation et le recours systématique à l'expérimentation pour tester la validité des hypothèses supposées.

En demandant les avis de ces futurs enseignants de physique concernant l'activité expérimentale réalisée, plusieurs étudiants ont souligné avec « enthousiasme » que la physique possède, effectivement, une méthode scientifique qui fonctionne comme « *une machine opérationnelle* » produisant des explications des phénomènes physiques.

Concernant l'importance didactique de ce type de savoir relatif à l'épistémologie des sciences, Gil-Pérez (1993) a attiré l'attention des enseignants sur l'importance de s'inspirer des propriétés du travail scientifique pour élaborer des approches innovantes de l'enseignement des sciences.

En outre, une dynamique remarquable a caractérisé l'expérimentation didactique effectuée. Cette dynamique est comparable à celle soulignée par Hindryckx (2008) lors de son travail expérimental ayant relation à la démarche scientifique expérimentale en formation initiale d'enseignants du cycle d'enseignement fondamental.

Au cours de la réalisation de cette séquence didactique, nous avons également constaté que la population concernée par ce travail a accordé une grande importance à la phase de la validation expérimentale des propositions choisies. Par conséquent, nous supposons qu'ils ont bien valorisé le rôle primordial de l'expérience en physique dans le processus de la recherche des explications scientifiques des phénomènes étudiés.

Ce constat relativement positif nous encouragera à améliorer davantage cette expérimentation didactique en se focalisant plus sur les aspects confirmant la supériorité conceptuelle du processus suivi fondé sur le savoir épistémologique de la démarche hypothético- déductive en comparaison avec la méthodologie du travail réalisé.

CONCLUSION

La formation des futurs enseignants des sciences constitue un enjeu majeur pour améliorer l'éducation scientifique des élèves car elle leur permettra d'acquérir les compétences ciblées

dans les programmes scolaires des disciplines scientifiques. Parmi ces compétences, nous citons la maîtrise des savoirs relatifs aux aspects épistémologiques et méthodologiques de l'approche scientifique hypothético- déductive représentant l'objet principal de ce travail de recherche.

Les résultats obtenus montrent la dynamique qui a caractérisé le déroulement de cette initiation à la méthode scientifique expérimentale utilisée pour déterminer les grandeurs physiques spécifiques du moteur électrique à courant continu étudié.

Pour expliquer la dynamique constatée au cours de la réalisation de ce travail de recherche, nous considérons que le choix des hypothèses par les étudiants et le débat effectué pour les argumenter ont pu créer une ambiance particulière et notamment lors de la validation expérimentale des propositions adoptées par les étudiants interrogés.

Il nous apparaît que ce type de formation des futurs enseignants de physique serait, dans l'avenir, bénéfique pour leurs pratiques pédagogiques puisqu' elle met en évidence l'importance de placer l'élève au centre de l'activité d'apprentissage à travers sa participation active pour résoudre les problèmes scientifiques posés en employant des méthodes scientifiques telles que l'approche hypothético- déductive.

Cependant, l'évaluation du degré de l'efficacité de ce travail expérimental en fonction de l'acquisition par les futurs enseignants des savoirs ayant trait à l'épistémologie de la démarche hypothético- déductive nous représente une sérieuse difficulté qui nécessite l'adoption d'une stratégie pour la surmonter dans la perspective d'améliorer cette étude didactique.

Malgré la « satisfaction apparente » de la majorité des futurs enseignants interrogés, il nous semble que la diversification des situations physiques à étudier par l'utilisation de cette approche expérimentale serait capable de permettre aux étudiants de fin de cycle un approfondissement des savoirs acquis liés à l'épistémologie et à la méthodologie de l'approche scientifique en question. En outre, il nous apparaît très intéressant de charger les futurs- enseignants de physique de préparer des travaux théoriques complémentaires portant sur l'épistémologie de la démarche hypothético- déductive même hors le champ des sciences physiques. À titre d'exemple, un travail complémentaire sur l'exemple de l'emploi fécond de cette démarche scientifique pour étudier la fièvre puerpérale mortelle enregistrée pendant les années 1884-1887 à l'Hôpital central de Genève pourrait représenter un renforcement cognitif adéquat pour acquérir des savoirs de type épistémologique liés au raisonnement scientifique hypothético- déductif.

RÉFÉRENCES

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the Nature of Science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701.

Bachelard, G. (1977). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Librairie philosophique J. Vrin.

Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma - Revue internationale en sciences de l'éducation et didactique*, 38, 6-39.

Benseghir, A., Roumili, A., & Mokhnache, S. (2008). Dynamiser l'enseignement de la physique par l'introduction du débat scientifique en classe: éléments d'une expérimentation didactique en première année universitaire. In *Actes du 8ème Congrès National de la Physique et de ses Applications* (pp. 452- 456). Université de Bejaia.

- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the Nature of Science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Bunge, M. (1975). *Philosophie de la Physique*. Paris: Seuil.
- Commission Nationale des Programmes des Sciences Physiques. (2016). *Document d'accompagnement des programmes des sciences physiques et technologie*. Ministère de l'Éducation Nationale (Algérie), Office Nationale des publications scolaires, Alger.
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., & Ruel, F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : Le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duhem, P. (1914/1989). *Théorie physique : Son objet, sa structure*. Paris: Librairie philosophique J. Vrin.
- Festiyed, F. Y., & Iswari, M. (2019). Development of Physics learning instructions using research-based learning model with scientific approach. *International Journal of Advanced Research*, 7(3), 1238-1245.
- Gil-Pérez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64.
- Hempel, C. G. (1972). *Éléments d'épistémologie*. Paris: Armand Colin.
- Hindryckx, M. N. (2008). La démarche scientifique expérimentale en formation initiale d'enseignants du fondamental : Analyse d'un modèle de formation. *Cahiers des Sciences de l'Éducation*, 28(27), 51-174.
- Hussain, A., Azeem, M., & Shakoor, A. (2011). Physics teaching methods : Scientific inquiry Vs traditional lecture. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(19), 269-276.
- Johsua, S., & Dupin, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
- Lederman, N. G. (1986). Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment. *School Science and Mathematics*, 86, 91-99.
- Meichtry, Y. J. (1993). The impact of science curricula on student views about the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 429-443.
- Mujawamariya, D. (2000). De la nature du savoir scientifique à l'enseignement des sciences : L'urgence d'une approche constructiviste dans la formation des enseignants des sciences. *Education et Francophonie*, XXVIII(2), 148-163.
- Orange, C. (2005). Problèmes et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- Ouarzeddine, A., Gomatos, L., & Ravanis, K. (2020). Étude comparative des systèmes de formation initiale et continue des enseignants en Algérie et en Grèce. *European Journal of Education Studies*, 6(10), 67-85.
- Pélissier, L., Venturini, P., & Calmettes, B. (2007). L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement de la seconde à la démarche d'investigation au collège. In *Actes des troisièmes journées*

« Recherche et formation en épistémologie et histoire des sciences et des techniques » (Premier cahier, pp. 8-13). Caen.

Popper, K. (1978). *La logique de la découverte scientifique*. Paris: Payot.

Porlán, R., García, J. E., Rivero, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, 207-235.

Richard, V. (2012). *Étude de la conception de la nature des sciences de chercheurs en sciences - Pour un enrichissement et une actualisation de la conception de la nature des sciences en enseignement des sciences*. Thèse de Doctorat, Faculté des études supérieures et post-doctorales de l'Université Laval, didactique des sciences, Québec, Canada.

Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs des sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26, 31-58.

Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 836, 1173-1190.

Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : Points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 26, 11-30.

Wiyanto, Nugroho, S. E., & Hartono. (2017). The scientific approach learning: How prospective Science teachers understand about questioning? *Journal of Physics: Conference Series*, 824, 012015.