

# ÉTUDE DES OSCILLATEURS MECANIQUES : PROPOSITION D'UN GUIDE DE COMPETENCE POUR UNE MISE EN ŒUVRE EN TERMINALE SCIENTIFIQUE

<sup>1</sup>Ahodegnon Zéphyrin Magloire DOGNON

magloire.dognon@imsp-uac.org

<sup>2</sup>Sègbégnon Eugène OKÉ

eugene.oke@imsp-uac.org

<sup>1, 2</sup> Laboratoire de didactique des disciplines (LDD), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.

## Abstract

*This research described and analyzed the study of mechanical oscillators in final year physics classes from the perspective of the investigative approach specific to physics. The methodology consisted of analyzing the lessons of four physics teachers, looking for the implementation of the epistemological approach of physics and the development of the types of knowledge (factual, reasoning and regulation) necessary for the acquisition of the knowledge in question. The results highlight that mechanical oscillators were taught in class without addressing the formulation of the problem to be solved or the formulation of hypotheses to be tested through an experimental approach, even if this meant comparing the results with the hypotheses in order to reach a conclusion. To help improve the teaching and learning of mechanical oscillators, the study proposed a set of skills necessary for the acquisition of mechanical oscillators and outlined an innovative process for developing the various technical and technological skills involved.*

**Keywords:** Mechanical oscillators, scientific approach, types of knowledge, skills guide

## Résumé

*Cette recherche a décrit et analysé l'étude des oscillateurs mécaniques en classe de terminale du point de vue de la démarche d'investigation propre à la physique. La méthodologie a consisté à une analyse du cours de quatre professeurs de physique en recherchant la mise en œuvre de la démarche épistémologique de la physique ainsi que le développement des types de connaissances (factuelles, raisonnements et régulations) nécessaires à*

*l'appropriation du savoir en jeu. Les résultats mettent en évidence un enseignement des oscillateurs mécaniques qui ont été étudiés en classe en occultant la formulation du problème à résoudre, l'émission d'hypothèses à tester par une démarche expérimentale quitte à confronter les résultats avec les hypothèses pour conclure. Pour aider à améliorer l'enseignement et l'apprentissage des oscillateurs mécaniques, l'étude a proposé un référentiel de compétences nécessaires à l'appropriation des oscillateurs mécanique et a indiqué un processus innovant de développement des différences compétences techniques et technologiques en jeu*

**Mots clés :** Oscillateurs mécaniques, démarche scientifique, types de connaissances, guide de compétences

## 1. Introduction

Cette étude analyse l'enseignement des oscillateurs mécaniques en classe de terminale scientifique. Elle vise à caractériser la démarche d'études de concepts mécaniques en recherchant son alignement avec le fonctionnement épistémologique de la physique dans une perspective de formation des enseignants. Nous décrivons d'abord le cadre théorique et problématique de la présente recherche dont nous exposons la démarche méthodologique avant d'en présenter les résultats.

## 2. Le cadre conceptuel de l'étude

Cette recherche s'appuie sur deux cadres théoriques complémentaires pour analyser l'enseignement de la physique : Le cadre théorique de la démarche d'investigation Morge et Boilevin (2007) et l'approche d'Anderson (1982). Le cadre théorique de la démarche d'investigation pose les bases de l'enseignement et l'apprentissage de la physique en définissant les critères permettant de mettre en évidence des tâches qui relèvent de la responsabilité de l'élève et que l'enseignant doit leur déléguer comme dans le cas, par exemple, pour l'élaboration des productions en réponse aux tâches ou dans le contrôle des productions par la recherche de validité

(expérience) et de cohérence (théorie). Dans l'enseignement de la physique, les élèves effectuent des apprentissages par la réalisation de tâches d'ordres conceptuel et empirique qui ne se limitent pas à du réinvestissement ou d'expérimentation prototypique. Pour ces auteurs, l'enseignement de la physique passe par la mise en place de situations d'apprentissage reposant, comme d'autres dispositifs tels que la situation problématique ouverte, situation adidactique (Brousseau, 1998), sur « l'hypothèse socio-constructiviste » (Morge et Boilevin, 2007, p. 20). Ainsi donc, d'un point de vue de la construction scientifique des savoirs, ces auteurs privilégient la référence à la pratique de la recherche scientifique qui comporte, un problème à résoudre, un travail en équipe et des communications. En termes de résolution de problème, les « séquences s'appuient, entre autres, les rapports entre théorie et faits d'observation en abandonnant de la vision inductiviste pour une approche hypothético-déductive. » (Morge et Boilevin, 2007, p. 20).

Anderson (1982) développe une approche qui considère que l'apprentissage de l'élève se déroule en trois étapes chacune d'elle mettant en jeu un type de connaissance : À la première étape, l'apprenant mobilise des *connaissances factuelles* (déclaratives : définition, énoncés de loi, etc.) pour faire valoir une performance nécessitant une charge de mémoire de travail très importante car les données déclaratives relatives à la compétence doivent être répétées pour une acquisition approximative et grossière de la compétence finale à acquérir. La deuxième étape se caractérise par la conversion des connaissances factuelles en connaissances dites de *raisonnement* (procédures de résolution de problèmes, application d'une loi physique, etc.). L'aboutissement de cette phase de conversion est l'abandon de la médiation verbale au profit d'un ensemble de production d'énoncé de type « *si...alors* » qui agissent sur des faits stockés dans la base de données de type déclarative. La troisième étape met en jeu des *connaissances de régulation* qui

impliquent une sélectivité dans le réglage et la recherche de solutions alternatives à un problème de généralisation relativement complexe.

## **2. La problématique de l'étude**

Peu de recherches se sont intéressées spécifiquement à l'apprentissage de l'oscillateur mécanique. Une recherche collaborative Bergomi et al. (1997) menée par une vingtaine de chercheurs a porté sur l'Enseignement des oscillations mécaniques à l'aide d'un curriculum intégré. Un ensemble de matériels didactiques a été développé pour l'enseignement des oscillations harmonique dans le cadre d'un projet de recherche sur l'influence des différents outils pédagogiques sur l'apprentissage de la physique. Le matériel intègre des logiciels de simulation et des activités de laboratoire associées à celles de l'enseignant et de ses élèves. La recherche visait à améliorer l'enseignement de la physique au niveau des pratiques de classe, étudier l'impact sur l'apprentissage des élèves d'une méthodologie d'enseignement intégrant divers matériels et outils pédagogiques et tester le protocole expérimental, c'est-à-dire, la manière de mener l'expérimentation et ses résultats sur la formation réelle des enseignants (leur travail de classe et les transformations apportées à l'approche proposée. La recherche a été menée avec 12 professeurs de lycée et 285 élèves du niveau Terminale dont l'âge est compris entre 17 et 18 ans. Les cours sont organisés en insistant sur l'intégration de différents outils d'apprentissage : travaux pratiques, simulations informatiques, résolution de problèmes. Le matériel développé par le groupe de recherche porte sur les oscillateurs harmoniques simples, les oscillateurs harmoniques amortis et les oscillations harmoniques forcés. Pour chacun de ses types d'oscillateurs deux approches didactiques ont été suggérées et des enseignants ont été choisis pour conduire chacune d'elle. Les activités proposées en classe

nécessitent l'utilisation de différents outils organisés suivant un processus d'enseignement-apprentissage basé des observations, prédictions, expérimentations, feedback. Les élèves, quant à eux, sont encouragés à exprimer leurs prédictions avant de démarrer les expériences ou simulations. Ceci leur permet de concilier les prédictions avec les résultats obtenus. Le feedback des résultats numériques et graphiques des étudiants est discuté en groupe afin de les affiner ou de modifier substantiellement leurs prédictions précédentes. Enseignants et élèves ont ensuite été soumis à un questionnaire papier-crayon pour évaluer l'impact du dispositif mis en place pour l'enseignement et l'apprentissage de l'oscillateur harmonique. Par une analyse quantitative et qualitative des réponses l'étude a montré que la mise en place d'un dispositif d'enseignement et d'apprentissage de l'oscillateur mécanique intégrant les expériences de simulations informatiques peut améliorer significativement les performances des élèves ainsi que les pratiques des enseignants. D'autres études (Nguessan, 2016 ; Saglam-Arslan et Devecioglu, 2010 ; Koffi, 2014 ; Kanffon, Oké et Tossa, 2018) se sont intéressées aux difficultés qu'éprouvent les élèves de lycée et étudiants en ingénierie pour appliquer convenablement la loi de Newton aux corps en mouvement comme le mouvement du solide accroché à un pendule élastique.

La question de l'acquisition des compétences demeure une préoccupation permanente dans l'acte d'enseigner les concepts scientifiques (Streveler, 2008). L'étude des oscillateurs mécaniques fait partie intégrantes des programmes d'études au Bénin dans les classes de terminale scientifiques. Son apprentissage implique des concepts de la mécanique qui sont construits dès la classe de troisième avec la notion de poids (Programme d'études, 4<sup>ème</sup>, 2020) et se poursuit en terminale avec la seconde loi de Newton. Des études antérieures (Kanffon, Oké et Tossa, 2018 ; Nguessan, 2016 ; Oké, Kanffon et Kelani, 2019) mettent en évidence de profondes difficultés de

construction desdits concepts impliqués dans l'étude des oscillateurs mécaniques. Nous nous posons la question de savoir comment peut-on enseigner les oscillateurs mécaniques en classe terminale scientifiques pour assurer l'acquisition des compétences exigibles y afférentes ? Nous postulons que pour optimiser l'enseignement et l'apprentissage des oscillateurs mécaniques en classe terminale, le professeur enseigne les oscillateurs mécaniques comme une démarche, un ensemble de connaissances à mobiliser pour construire le savoir et l'usage d'un répertoire langagier propre aux sciences physiques qui prend en compte non seulement les conceptions initiales des élèves mais aussi la nécessité de faire construire par l'apprenant les connaissances qu'il doit acquérir.

De façon générique, l'objectif que nous visons dans cette étude est d'explorer les conditions dans lesquelles les savoirs en sciences physiques sont construits. Spécifiquement, notre étude propose la définition d'un guide de compétences qui aidera les enseignants à mieux appréhender l'enseignement des oscillateurs mécaniques dans les classes terminales scientifiques au Bénin.

### 3. Méthodologie

Dans le but d'explorer les conditions de construction des savoirs relatifs aux oscillateurs mécaniques en classe terminales scientifiques, soumettons le cours de quatre enseignants de physique aux dimensions épistémologiques de l'enseignement de la physique telles que décrites plus haut. Autrement dit, dans un premier temps, nous cherchons dans le cours des enseignants si les oscillateurs mécaniques sont enseignés comme *une démarche* (formulation d'un problème (FDP), émission d'hypothèses (EDH), test des hypothèses (TDH) par l'expérimentation, confrontation des résultats avec les hypothèses (CRH)), *un ensemble de connaissances* à mobiliser

pour construire le savoir physique et qui utilise *un répertoire langagier* propre aux sciences physiques en prenant en compte les *conceptions initiales des élèves* tout en *dévoluant la construction des savoirs* (nécessité de faire construire par l'apprenant les connaissances qu'il doit acquérir). Dans un second temps, nous mettons en évidence dans le cours des professeurs les trois catégories d'Anderson (*Ibid*). Autrement dit, nous essayons de retrouver si l'enseignant met en œuvre son cours en faisant ressortir *les connaissances factuelles, les connaissances de raisonnement et les connaissances de régulation* exigibles pour la conceptualisation des concepts en jeu dans l'apprentissage des oscillateurs mécaniques. Le corpus analysé est constitué de la trace écrite du cours des enseignants portant sur les oscillateurs mécaniques. Trois enseignants (P1, P2 et P3) interviennent dans en terminale D et le quatrième (P4) intervient dans une classe de terminale C du collège d'enseignement secondaire (CEG 1) d'Adjarra dans le département de l'Ouémé au Bénin. Le choix d'exploiter la trace écrite du cours des enseignants se justifie par le fait que dans le processus de la transposition didactique (Chevallard, 1991) le savoir dans le cahier de l'élève se retrouve comme savoir déjà enseigné par le professeur. Nous postulons donc que les traces écrites recopiée par les élèves peuvent s'analyser comme faisant partie intégrante de l'épistémologie pratique de l'enseignant et par conséquent l'organisation de l'étude (Chevallard, 1999) y est implantée.

#### 4. Résultats

Dans les tableaux suivants sont consignés les observations faites dans les cours de chacun des enseignants au regard de la grille des indicateurs qui décrivent l'enseignement de la physique. Une analyse est ensuite faite.

*Résultat de l'Enseignement des oscillateurs mécaniques comme une démarche*

Tableau 1 : Évaluation des déterminants de la démarche d'étude en sciences physiques

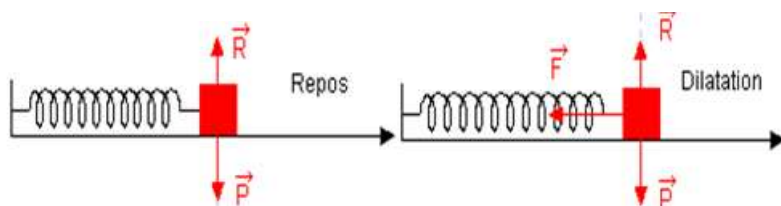
Prof s	FDP	EDH	TDH				CRH
			Protocole expérimental	Réalisation pratique	Recueil de mesures	Analyse et interprétation des résultats	
Prof 1	<b>Existant</b>	Inexistante	<b>Existante</b>	NA	Inexistante	Inexistante	Inexistante
Prof 2	Inexistante	Inexistante	<b>Existante</b>	NA	Inexistante	Inexistante	Inexistante
Prof 3	Inexistante	Inexistante	<b>Existante</b>	NA	Inexistante	Inexistante	Inexistante
Prof 4	Inexistante	Inexistante	<b>Existante</b>	NA	Inexistante	Inexistante	Inexistante

Le tableau 1 compile ce qui a été constaté dans le cours des enseignants du point de vue des caractéristiques relatives à la démarche d'étude propre à la physique. Il ressort de ce tableau qu'aucun des quatre enseignants n'a jugé utile ou n'en a pas conscience, de mettre en œuvre l'étude des oscillateurs mécaniques en suivant la démarche scientifique. Bien que P1 ait



formulé avec ses élèves le problème il n'eut pas la formulation d'une hypothèse. Un dispositif expérimental pour étudier le mouvement oscillatoire d'un objet accroché à un ressort disposé horizontalement a été schématisé sans l'affichage de données recueillies.

Figure 1 : Reproduction du schéma du dispositif expérimental d'étude d'un oscillateur mécanique



Il en est de même dans le cours des trois autres enseignants. Il n'y a pas eu non plus, et c'est logique, ni analyse des données recueillies, ni confrontation avec l'hypothèse, celle-ci n'ayant pas été émise pour les trois autres enseignants. Il apparaît très clairement que les enseignants de notre panel n'aient pas pris l'option de la mise en œuvre expérimentale des savoirs exigibles relativement aux oscillateurs mécaniques. Ce résultat semble aller de soit dans la mesure où, conformément à l'analyse du curriculum prescrit, c'est une approche mathématique que les enseignants ont proposé pour déterminer l'évolution de la position du corps accroché au ressort en fonction du temps dans les cas d'une absence de frottement (mouvement périodique) et dans le cas d'un léger frottement (mouvement pseudo-périodique) et dans le cas d'un frottement important (mouvement a périodique).

*Résultat de l'Enseignement des oscillateurs mécaniques  
comme un ensemble de connaissances*

**Tableau 2 :** Mise en évidence des connaissances en jeu dans l'étude de l'oscillateur mécaniques

Pro f	Connaissances factuelles		Connaissanc es de raisonnemen t	Connaissanc es de régulation
	définition s	lois théorèmes, ...		
Pro f 1	Défini tion d'un oscillateur harmoni que	- 2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> loi de Newton - conservati on d'énergie d'un système	- Formation de somme vectorielle de forces - Projection de vecteurs dans un système d'axes - Calcul de l'énergie mécanique d'un système mécanique, - Calcul de la période, pseudo période.	- modélisation du système ressort et masse, - accélération du solide accroché au ressort, -Référentiel adéquateme nt défini, - conditions d'équilibre du système -condition de conservation de l'énergie
Pro f 2	- Idem	Idem	Idem	Idem

Prof 3	Idem	Idem	Idem	Idem
Prof 4	Idem	Idem	Idem	Idem

Ce tableau montre que les quatre professeurs ont enseigné les oscillateurs mécaniques en mettant en œuvre des connaissances suivant les trois catégories de Anderson (1982) telles qu'elles sont prescrites par le programme d'étude.

***Enseignement des oscillateurs mécaniques prenant en compte les idées initiales des apprenants et faisant usage de langage propre aux sciences physiques***

Dans les cours des quatre enseignants, nous avons mis en évidence la mobilisation d'un registre de langage propre aux sciences physiques : oscillateur mécanique, système mécanique, étude énergétique, énergie mécanique, conservation de l'énergie, etc. Les différents cours commencent par une activité dénommée *perceptions initiales* que nous présumons être une activité au cours de laquelle l'enseignant recueille les idées premières des apprenants. Pour ce qui relève de la nécessité pour l'apprenant de construire lui-même son savoir, bien que les cours des enseignants comportent diverses activités portant sur les oscillations mécaniques, ils ne nous permettent pas de préjuger de leur pertinence dans l'implication personnelle de l'apprenant. Majoritairement, les enseignants ont privilégié une approche purement analytique de l'enseignement et l'apprentissage des oscillations mécaniques. Pour nous l'enseignement de la physique au lycée doit être axé sur la structure des phénomènes physique en jeu par la médiation d'une approche expérimentale avant de rechercher une formalisation mathématique.

L'analyse que nous avons faite du programme d'étude relatif à l'enseignement et l'apprentissage de l'oscillateur mécanique

nous a permis de relever les savoirs théoriques et les savoirs faire pratiques exigibles. L'analyse des extraits de cours des enseignants a fait ressortir un enseignement des sciences physiques qui n'intègre pas la dimension essentielle que constitue la démarche spécifique à la construction des savoirs en physique chimie et technologie. En effet, les oscillateurs mécaniques ont été étudiés en classe en occultant la formulation du problème à résoudre, l'émission d'hypothèses à tester par une démarche expérimentale puis confronter les résultats avec les hypothèses pour conclure. Au total, Les résultats mettent en lumière l'inexistence d'un pan essentiel dans la mise en œuvre en classe des concepts propres aux sciences physiques : la démarche d'étude des sciences physique. C'est celle-ci qui fonde la réussite de l'enseignement et l'implication réelle de l'apprenant notamment dans la perception et la préparation du protocole d'expérimentation. Elle est indispensable à *la formation de l'esprit scientifique* et, partant, à l'acquisition de réelle compétence. Il serait donc utile de proposer une approche pédagogico-didactique à mettre en place pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage des oscillateurs mécaniques.

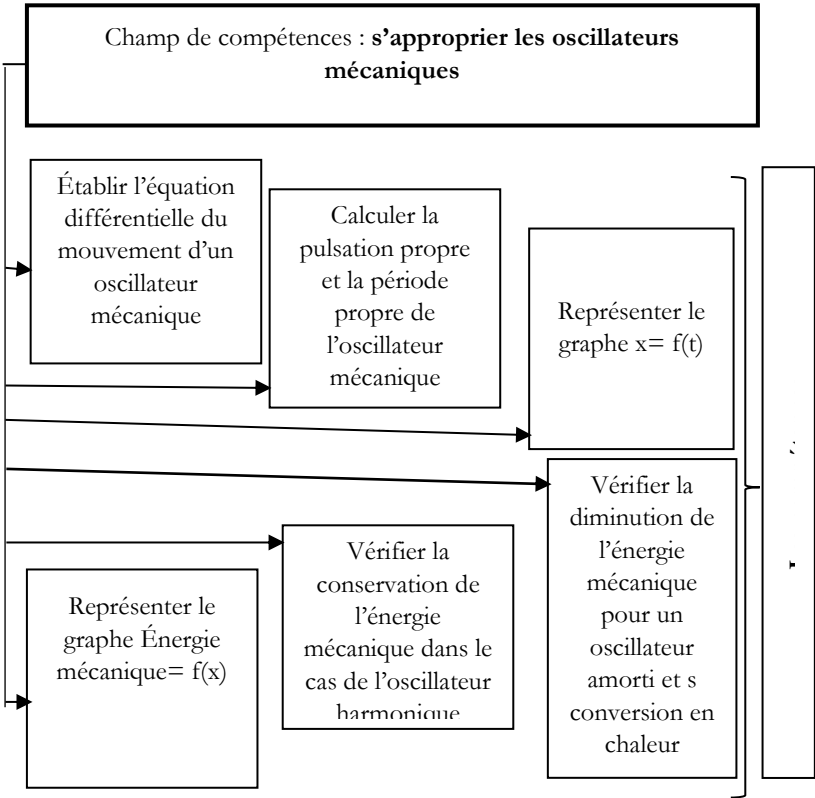
## **5. Proposition d'un guide de compétences pour l'enseignement et l'apprentissage de l'oscillateur mécanique en classe terminales C et D**

Le guide de compétences que nous proposons comprend un répertoire de compétences scientifiques et technologiques qui recensent toutes les compétences exigibles pour la compréhension des oscillateurs mécaniques en classe de terminales scientifiques. À partir de l'examen du programme d'études et du guide du programme d'études des classes de terminales C et D (PE Tle D, 2011 ; PE Tle C, 2011), nous constituons le répertoire (champ) de compétences pour l'appropriation des oscillateurs mécaniques. La compétence

visée est l'appropriation des oscillateurs mécanique. L'acquisition de cette compétence nécessitera successivement de :

- Établir l'équation différentielle du mouvement d'un oscillateur mécanique ;
- Calculer la pulsation propre et la période propre de l'oscillateur mécanique ;
- Représenter le graphe  $x = f(t)$  donnant la position du solide accroché au ressort à chaque instant  $t$  ;
- Représenter le graphe Énergie mécanique =  $f(x)$  donnant la valeur de l'énergie totale du système à chaque instant ;
- Vérifier la conservation de l'énergie mécanique dans le cas de l'oscillateur harmonique (frottement nul) ;
- Vérifier la diminution de l'énergie mécanique pour un oscillateur amorti et sa conversion en chaleur.

Figure 2 : Le répertoire des compétences exigibles pour l'appropriation des oscillateurs mécaniques



Pour chacune des compétences il faudra commencer par faire sa description, puis donner son importance et la compétence préalable à son développement. Ensuite il conviendra d'en présenter les objectifs d'apprentissage en termes d'étapes du développement de la compétence. Pour chacun des objectifs il faut définir les critères de performance (ou opérations clés que l'apprenant doit conduire) permettant d'évaluer l'atteinte de l'objectif. Il sera alors deux séries d'activités d'apprentissage :

- l'une théorique visant à guider les élèves vers les connaissances et techniques de niveau cognitif,
- l'autre pratique visant à guider les apprenants vers les apprentissages psychomoteurs, ceux-ci consistant à fournir les exercices pratiques à faire par les apprenants, individuellement ou en groupe, sans et/ou sous supervision de l'enseignant.

Enfin il sera proposé une liste de ressources pédagogiques (documents papier, personnes ressources et matériels) nécessaires à la réalisation des tâches.

Dans le système d'enseignement du Bénin qui a opté pour une approche par les compétences nous pensons que le développement d'un tel guide de compétences relatif aux oscillateurs mécaniques permettra aux enseignants de mieux gérer les situations d'apprentissage y afférentes.

## Conclusion

Cette recherche à décrire comment les enseignants mettent en œuvre les oscillateurs mécaniques en classes terminales scientifiques. Elle a procédé par l'analyse du cours de quatre enseignants portant sur les oscillations mécaniques. L'analyse a permis, d'une part, de mettre en évidence que les quatre professeurs ont enseigné les oscillateurs mécaniques en mettant en œuvre des connaissances suivant les trois catégories de Anderson (1982), à savoir, les connaissances factuelles, les connaissances de raisonnement et les connaissances de régulation telles qu'elles sont prescrites par le programme d'étude en privilégiant une démarche analytique. D'autre part, l'étude a mis en évidence un enseignement de la physique qui occulte la dimension fondamentale de la médiation des savoirs, celle relative à la démarche d'étude en sciences physiques. Il a alors paru nécessaire de concevoir un répertoire de compétences à acquérir pour une bonne appropriation des oscillations

mécaniques. Un canevas de développement de chacune des compétences du répertoire de compétences a été proposé pour leur mise en œuvre pratique en classe de physique. Le décroisement des compétences permettra de rendre plus intelligibles les savoirs et savoir-faire à enseigner. Cette approche novatrice permettra d' étoffer la formation initiale et continue des enseignants.

## Bibliographie

ANDERSON John, 1982, « Acquisition of cognitive skill », *Psychological Review*, 89(4), 369-406 URL : <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.89.4.369>

BERGOMI Nicolas, GIORDANO Edourdo, MARIONI Cécile, ... SANTI Lorenzo, 1997, « Teaching mechanical oscillations using an integrated curriculum », *International Journal of Science Education*, 1997, 19(8), 981–995. <https://doi.org/10.1080/0950069970190810>

BROUSSEAU Guy, (1998). *Théorie des situations didactiques*, Grenoble : La Pensée Sauvage éditions.

CHEVALLARD Yves, 1999, « L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique », *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 1999, 19(2), 221–266. <https://revue-rdm.com/1999/l-analyse-des-pratiques/>

KANFFON Aimé, OKÉ Sègbégnon Eugène et TOSSA Joël, 2018. « Difficultés des élèves béninois des classes de terminales scientifiques à appliquer la deuxième loi de Newton à un solide en mouvement sur un plan incliné » Actes du 2<sup>ème</sup> colloque ADiMA, 16-18 août 2018

KOFFI Koffi Innocent, 2014, « Influence des éléments contextuels dans l'apprentissage de la mécanique Newtonienne en classe de seconde en Côte d'Ivoire », *Liens Nouvelle Série*, N°18, pp. 129-150.



MORGE Ludovic et BOILEVIN Jean-Marie. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, Collège, Lycée*, Clermont-Ferrand : CRDP d'Auvergne.

NGUESSAN Kouamé, (2016), « Les Lois de Mouvement et les Théorèmes en Mécanique Classique. Repérage de Quelques Difficultés et Obstacles Chez les Étudiants en Formation Professionnelle », *Canadian Social Science*, 2016, Vol. 12, No. 1, 2016, pp. 59-68, DOI :10.3968/8105

OKE Eugène, KANFFON Aimé et KELANI Raphaël, 2019, « Exploration des conduites d'élèves lors de la mise en œuvre de la deuxième loi de Newton en terminale scientifique au Bénin », *Liens*, 2019, no27, volume1, 38-54.

PROGRAMME D'ETUDES PAR COMPETENCES, 2020. *Physique Chimie Technologie ; 4<sup>ème</sup>, version révisée*, Institut National d'Ingénierie de la Formation et de Renforcement des Capacités des Formateurs (INIFRCF), Cotonou.

PROGRAMME D'ÉTUDES PAR COMPÉTENCES, 2011. *Sciences Physique, chimie et technologie, classe de Terminale C, version révisée*. Direction de l'Inspection Pédagogique. Porto-Novo

PROGRAMME D'ÉTUDES PAR COMPÉTENCES, 2011. *Sciences Physique, chimie et technologie, classe de Terminale D, version révisée*. Direction de l'Inspection Pédagogique. Porto-Novo

REUTER Yves, 2004, « Analyser la discipline. Quelques propositions ». Actes du 9<sup>e</sup> colloque de l'AIRDF, Québec, 26 au 28 août 2004.

SAGLAM-ARSLAN Aysegül et DEVECIOGLU Yasemin, 2010, « Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion », Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Volume 11, Issue 1, Article 7, p.17.

STREVELER Ruth, LITZINGER Thomas, MILLER Ronald & STEIF Paul, 2008, « Learning Conceptual Knowledge in the Engineering Sciences: Overview and Future Research Directions », Journal of Engineering Education, July 2008., pp.279-294.