

Analyse d'un scénario d'apprentissage du concept cotation fonctionnelle en technologie pour les élèves tunisiens : intégration de la simulation numérique comme aide didactique

WALID OUESLATI, MABROUK MEDI, NOUREDDINE BEN YAHYA

*Laboratoire Mécanique, Productique et Énergétiques (LMPE)
École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis (ENSIT)
Tunisie
mabrouk_medi@yahoo.fr*

ABSTRACT

Current work is in evaluating the contribution of didactic engineering based on the use of modeling simulations for teaching – the functional dimension of learning constitutes the difficult learning of mechanics, according to some researchers. Therefore, to advance a reliable tool that can convey in the light of learners' representations, it is necessary to analyze different types of obstacles and collect difficulties encountered by learners' thinking and reasoning. For this, we have chosen educational scenarios based on the use of simulations designed by computer tools. Next, a knowledge analysis of student-teacher interaction within the framework of the theory of joint action in teaching. Finally, we found that the integration of digital models enabled students to overcome certain deficiencies associated with reading assembly drawings and identifying from them the parts that make up a mechanism and their roles. This makes it easier to understand the "functional dimensions" feature, draw dimension chains, and determine functional dimensions in part definition drawings.

KEYWORDS

Digital models, simulations, functional dimensions, Theory of Joint Effects in Teaching, drafting, rib chains, functional ribs

RÉSUMÉ

Le présent travail consiste à évaluer l'apport d'une ingénierie didactique fondée sur l'exploitation des simulations modélisantes sur l'enseignement – apprentissage de la cotation fonctionnelle qui représente, d'après plusieurs chercheurs, un apprentissage difficile de la mécanique. Donc nécessité d'analyser les différents types d'obstacles et de recueillir les difficultés rencontrées par les apprenants à partir de leurs modes de pensées et de raisonnement, afin de procéder à des outils fiables permettant la dévolution du savoir à la lumière des représentations des apprenants. Pour cela, nous avons choisi un scénario pédagogique basé sur l'utilisation des simulations conçues par l'outil informatique. Puis d'analyser les interactions élèves-enseignant, dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique. Enfin, nous avons pu conclure que l'intégration des maquettes numériques a permis aux élèves de surmonter certaines lacunes liées à la lecture de dessin d'ensemble et à l'identification des pièces constituant un mécanisme à partir d'un dessin d'ensemble et leurs rôles. Ce qui facilite la compréhension de la fonction « Cotation Fonctionnelle », le traçage des chaînes de côtes et la détermination des côtes fonctionnelles sur les dessins de définition des pièces.

MOTS CLÉS

Maquettes numériques, Simulations, Cotation fonctionnelle, Théorie de l'Action Conjointe en Didactique, dessins techniques, chaînes de côtes, côtes fonctionnelles

INTRODUCTION

Dans la littérature contemporaine, les difficultés rencontrées par les enseignants dans leur travail font l'objet d'un vaste débat (Arun, 2018; Mabejane, 2015, 2016; Mabejane & Ravanis, 2018; Ouarzeddine, et al., 2020; Sotiriva, 2018). Nombreux sont les enseignants qui expriment leur inquiétude face aux difficultés que rencontrent les apprenants dans la compréhension de la fonction « Cotation Fonctionnelle », le traçage des chaînes de côtes et la détermination des côtes fonctionnelles pour résoudre un problème de cotation fonctionnelle. Certains considèrent que les antécédents des stagiaires jouent un rôle très important dans l'échec ou le succès de l'apprentissage. D'autres trouvent dans le transfert technologique et l'acquisition des principes de base de la technologie et surtout leur mode d'élaboration, est la cause principale d'un éventuel échec. D'autres vont jusqu'à mettre en cause le mode d'apprentissage qu'ils trouvent non adapté aux moyens offerts aujourd'hui.

Dans ce travail de recherche, nous allons présenter une étude qui repose sur le choix d'une démarche scientifique et des hypothèses validées par plusieurs chercheurs et plusieurs didacticiens, telle que Medi (2017) qui a vérifié que la notion d'appropriation de la perception tridimensionnelle et la création « d'image » mentale chez les apprenants peut être appropriée par l'utilisation des maquettes numériques et des aides didactiques dont dispose l'enseignant, dans l'apprentissage de transmission de mouvement ; Ben Rhomdhan (2004) qui a décelé que les difficultés rencontrées par les apprenants dans la lecture d'un dessin d'ensemble, malgré les connaissances acquises à représentation du dessin de définition Mrayhi (2008) qui a confirmé que les élèves de 2^{ème} année secondaires ont une difficulté pour identifier la nature de la côte condition, son utilité et la détermination de surfaces terminales ; Akriche (1987) qui a considéré que l'animation en 3D fait passer l'objet d'un simple outil à un instrument, permettant ainsi d'améliorer son niveau d'apprentissage ; Jarray (2009) qui a montré que l'utilisation de l'outil modéleur 3D pour la représentation des objets donne à l'élève une capacité d'élaboration de plusieurs solutions nouvelles et variées ; Jarray (2015) qui a mis au point un logiciel « pivot » permettant aux apprenants et aux enseignants de construire des mécanismes de guidage en rotation en utilisant différents types de roulements. Il a dévoilé que certains apprenants et enseignants ont trouvé des difficultés lors de la réalisation de certaines activités complexes ; Medi (2017) qui a développé des moyens pédagogique et didactique (maquettes didactiques, construction des mécanismes par des éléments LEGO, méthode d'enseignement par projet et résolution problème...) pour palier à ce problème. Saadi (2003) qui a construit un modèle de simulation pour les circuits électriques en utilisant les vecteurs tournants. Ndiaye (1990) qui a prouvé que l'utilisation des vidéos dans les travaux pratiques peut être des aides didactiques ; Cifali (1994) qui a réclamé qu'apprendre est parfois modifier tout un réseau de représentations ; d'après Cifali, apprendre est angoissant, mais lorsque la compréhension se fait, du plaisir s'éprouve, voire de la jubilation ; « Ça-y-est », j'ai compris ; Linares (1996) qui a proposé un modèle pour la cotation fonctionnelle qui est dégagé d'une approche systématique fondée sur la mise en place de concept groupe fonctionnelle (sous-ensembles de pièces) et Saadi (1998) qui a estimé que la majorité des élèves arrivent en classe avec des représentations mentales, souvent erronées. Ceci est dû aux fautes que la réception d'un message, l'analyse d'un fait ne peuvent être effectuées par l'élève qu'à travers son propre système explicatif du monde. La rupture avec son « déjà-là » (connaissance scolaire et extrascolaire) est la condition de son apprentissage.

En outre, la difficulté des apprenants due aux problèmes d'identification et d'interprétation morphologique des pièces constituant un mécanisme.

Ainsi, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'apport d'une ingénierie didactique fondée sur l'exploitation des simulations conçue par des logiciels informatiques, sur le processus d'enseignement-apprentissage de la cotation fonctionnelle. La difficulté essentielle est due au fait que les élèves ne peuvent pas identifier la morphologie des pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme en vue de lire un dessin d'ensemble.

En effet, nous avons adapté un scénario pédagogique fondé sur une simulation numérique et des liens hypertextes interactives permettant de donner à l'apprenant une image virtuelle en trois dimensions (3D) du dessin d'ensemble, (Mrayhi, 2008). Alors, parmi les approches d'analyse des interactions didactiques (Dumas Carré et al., 2003; Grigorovitch, 2018; Ravanis, 2000; Rodriguez, 2019), nous avons choisi la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) mise au point par Sensevy (2011), pour analyser les interactions élèves-enseignant lors de l'enseignement-apprentissage du concept cotation fonctionnelle. Donc, *une séance d'enseignement, fondée sur l'intégration de la simulation informatique, permet-elle de surmonter les difficultés des élèves liées aux conceptions erronées de traçage de chaîne de côtes et de la détermination d'une côte fonctionnelle ? La simulation informatique offre-t-elle, à l'enseignant, l'occasion d'élucider la morphologie des pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme ?*

En effet, pour qu'un système remplisse les fonctions pour lesquelles il a été créé, il faut que certaines conditions fonctionnelles soient assurées (jeu, retrait, dépassement ...). Les tolérances des pièces empilées s'accumulent et font varier les jeux nécessaires à l'assemblage et par conséquent influencer la fonctionnalité du mécanisme. Ainsi la cotation fonctionnelle permet de calculer la relation analytique et géométrique qui existe entre la côte condition et les côtes tolérancées des pièces composant le mécanisme.

Dans ce qui suit, l'objectif est de présenter les modèles conceptuels concernant la cotation fonctionnelle. À partir des études précédentes, nous pouvons conclure que la source principale des difficultés des élèves de la lecture d'un dessin d'ensemble et la difficulté de définir la fonctionnalité de chaque composant du mécanisme, réside dans la difficulté de la représentation morphologique des pièces, ainsi que la distinction des surfaces limites des pièces et des surfaces terminales de la côte condition.

La conséquence de ces difficultés est que les élèves manifestent généralement un grand intérêt à la technologie en raison à l'aspect concret et ludique des activités proposées et à l'autonomie qu'elle offre. Pour pallier ces problèmes, donc l'une des alternatives qui sont proposées par la didactique sont les modèles numériques.

Pour analyser l'interaction élèves-enseignant lors de l'enseignement du concept cotation fonctionnelle, nous pensons à la TACD, qui permet une analyse des séances d'enseignement en termes de jeu d'apprentissage. Comme le prouve Cross et Grangeat (2014), qui ont considéré que la TACD est centrée sur le processus de l'enseignement - apprentissage, vu principalement comme processus communicationnel centré sur un jeu de savoir.

Le présent travail est de nature descriptive et compréhensive, c'est-à-dire que nous cherchons à décrire ce qui se passe au cours des séances d'enseignement en termes de jeux d'apprentissage pour comprendre comment se produit l'avancement de l'appropriation du savoir.

De même, nous cherchons à porter un jugement sur l'activité professorale de l'enseignant et sur le sort des objectifs d'enseignement visés, et ainsi évaluer notre ingénierie didactique proposée par cette recherche. Enfin, on va vérifier si l'animation d'un schéma éclaté pourrait aider les élèves à surmonter les difficultés en relation avec l'identification des différentes pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme ?

ÉTUDE THÉORIQUE

Définition de la fonction « Cotation Fonctionnelle »

La cotation fonctionnelle basée sur une recherche approfondie et complète des conditions d'aptitude à l'emploi du produit, où les dimensions des composants fonctionnels et leurs positions relatives, selon la notation, peuvent être déterminées pas assez ni trop. Pour un bon fonctionnement, il est nécessaire d'effectuer au préalable une étude fonctionnelle de l'unité étudiée en utilisant des méthodes appropriées (analyse fonctionnelle, etc.). Cela déterminera les fonctions réelles à satisfaire et facilitera la constitution d'une liste de « chaînes de côtes » à vérifier.

Il convient également de rappeler que la « cotation fonctionnelle » doit être prise au sens large, c'est-à-dire qu'en plus des dimensions et des tolérances, elle comprend toutes les autres spécifications à condition qu'elles soient fonctionnelles pour des raisons d'aptitude à l'emploi (tolérances géométriques, de matériaux, propriétés mécaniques et chimiques, états de surface, etc.) ou encore ceux qui conditionnent la commercialisation : fiabilité, esthétique, sécurité (pas d'arêtes...

Cependant, il ne faut pas être trop pur car si l'on veut conserver la fonctionnalité, on risque d'oublier les conditions implicites dans la spécification de la méthode : la résistance à la température peut exclure certaines matières plastiques, la résistance à la corrosion (acier, magnésium) ou à l'huile (pour les embrayages et les synchroniseurs de boîte de vitesses).

Parmi les objectifs de nos travaux de recherche est d'améliorer la compréhension conceptuelle fonctionnelle dans l'évaluation des dessins d'ingénierie émis par les bureaux d'études, en particulier les dessins de détail, appelé dessin de définition (de produit fini).

Pour comprendre le domaine d'application de la cotation fonctionnelle, il est nécessaire de bien faire la différence entre les différents dessins utilisés dans l'industrie (dessin d'ensemble, dessin de définition, dessin de fabrication), leur rôle dans l'obtention du produit, et ce qu'on entend par pièce bonne ou mauvaise en fonction du coût minimal de production. De ces notions apparaîtront facilement les avantages de la cotation fonctionnelle par rapport à la cotation classique (ou arbitraire) et les rôles respectifs du bureau d'étude et du bureau des méthodes dans la cotation des pièces.

La théorie de l'action conjointe en didactiques (TACD)

La théorie de l'action conjointe dans l'enseignement s'intéresse à l'apprentissage des élèves et à l'action conjointe entre l'enseignant et l'élève. Nous montrons notre richesse à tous pour innover l'éducation et les pratiques éducatives. Nous croyons en la complexité et la beauté du secteur de l'éducation. Aujourd'hui, cependant, le métier d'enseignant s'avère être loin d'être à sa juste valeur.

La TACD est née du cœur du travail des enseignants. Les préceptes débutants, par définition, peuvent être considérés comme très intéressés par la connaissance. Puis elle a commencé à réfléchir à la compréhension de l'apprentissage par les élèves. Cependant, au début des années 1990, les emplois d'enseignants étaient encore largement ignorés. Maria Luisa Schubauer Leoni a publié un article en 1986 qui a ouvert la voie à des concepts didactiques qui tiennent compte du comportement des enseignants et du comportement conjoint enseignant-élève. Parallèlement, Guy Brousseau et Yves Chevalard intègrent leur autorité professionnelle dans la théorisation du système éducatif. Comprendre l'action de l'enseignant est devenu un objectif essentiel pour ceux qui étudient l'action didactique.

Ensuite, notez trois éléments qui semblent être les éléments de base. La première chose qui lui est liée par l'étude du comportement didactique des enseignants est une étude incomplète du comportement didactique des enseignants et des élèves, d'où leur comportement commun. Les outils théoriques que nous avons utilisés impliquaient ce type de connexion pour la plupart

des gens. Enfin, j'ai essayé de comprendre ce qui se passait dans la relation didactique, la relation ternaire dans un système incertain du maître, de l'élève et du savoir. Le deuxième élément est lié au système théorique lui-même. Nous reconnaissons que ces outils peuvent être utilisés à la fois pour un raisonnement spécifique dans une activité éducative et pour un raisonnement spécifique sur le contenu en particulier, mais ils peuvent également être utilisés pour comprendre cette activité éducative en général. Nous arrivons rapidement à un certain axiome. On peut commodément penser à l'action didactique au sens anthropologique du terme en termes de TCD. Le troisième élément est : Nous suivons l'idée d'Yves Chevallard selon laquelle les professeurs ont des ambitions anthropologiques comme la science de ce qui se passe quand quelqu'un apprend des connaissances que d'autres lui ont transmises. Cette ambition anthropologique est aujourd'hui au premier plan de la TACD. Quels sont les concepts clés de l'éducation à ce stade de votre vie scientifique ?

Le problème le plus précis auquel l'éducation doit faire face réside dans la question : Comment permettre l'entrée dans une culture suffisamment respectueuse et suffisamment libératrice pour les œuvres culturelles ? Comment ce registre culturel peut-il permettre aux gens de percevoir, d'expérimenter et de restituer l'œuvre ? Comment peut-elle être comprise et mise en œuvre ? J'ai quelques idées sur ce que je dois faire. Expérience, travail culturel, enquête, libération... D'une certaine manière, TACD dans ses développements récents est une tentative de questionnement et de matérialisation de ces idées.

Y a-t-il un concept que vous pensez moins connu que vous aimeriez soutenir et promouvoir dans les années à venir ? On pense souvent que la conquête de la pensée passe par l'abstraction. C'est probablement vrai, mais c'est à moitié vrai. Une grande ambition, me semble-t-il, est de faire assez de travail pour matérialiser un concept abstrait. Ce n'est pas si difficile de décrire cette réalité dans un langage courant, mais je pense que cet exercice est moins simple et plus fructueux que le premier. Mais la chose vraiment difficile et la plus bénéfique pour moi est de pouvoir concrétiser des abstractions. Il est conçu pour combiner des formules abstraites avec un langage commun, des concepts théoriques avec une pratique efficace. Beaucoup de travail empirique et linguistique est nécessaire, mais l'engagement envers la science culturelle et la "bonne vie" est immense.

Terminologie et Concept

Dans la suite, nous proposons quelques définitions des concepts clés de la TACD.

Jeu didactique : Le *jeu didactique* est un jeu paradoxal où le professeur connaît les stratégies à produire mais il ne peut pas les livrer telles quelles à l'élève sous peine de perdre le jeu, car ce dernier ne les produirait pas de lui-même (proprio motu).

Jeu épistémique vs jeu d'apprentissage : Les *jeux épistémiques* permettent d'avoir une idée claire sur la transposition didactique des savoirs. Le *jeu d'apprentissage* se définit comme un jeu du professeur sur le jeu de l'élève

Notions de contrat et de milieu dans la TACD : Selon Brousseau (1998), le *contrat didactique* correspond à l'ensemble des attentes comportementales de l'enseignant et réciproquement l'ensemble des attentes comportementales de l'élève.

Le milieu : Le *milieu* est l'ensemble des objets physiques et des composantes immatérielles mis en jeu au cours de la construction du savoir. L'élève, le savoir, les appareils de mesures, les interactions avec l'enseignant, sont donc des éléments qui constituent le milieu didactique (Cross & Grangeat, 2014). Le milieu est alors le support qui porte les actions des élèves et de leur enseignant.

Le triplet des genèses, la chronogénèse, la mésogénèse et la topogénèse, constitue un système descriptif lié au jeu. Ce système tente de saisir au plus près la dynamique de construction des savoirs élaborés au sein d'une transaction didactique (Sensevy & Mercier, 2007). La *topogénèse* cherche à décrire le partage des responsabilités entre enseignant et élèves dans les

transactions didactiques (Le Hénaff, 2013). La *chronogénèse* est la disposition du savoir sur l’axe du temps ou aussi le temps didactique (Sensevy, 2011). La *mésogénèse* sert à décrire la manière dont le professeur dirige le rapport des élèves avec le milieu qu’il a construit (Sensevy, 2011).

Ainsi, en appliquant la méthodologie suivante dans ce qui suit, on va essayer de vérifier si l’animation d’un schéma éclaté pourrait aider les élèves à surmonter les difficultés en relation avec l’identification des différentes pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme ? Et est ce qu’on peut avec cette pratique faciliter le codage et le décodage de la notion « Cotation Fonctionnelle » pour les apprenants de la 3^{ème} et la 4^{ème} année sciences techniques tunisiens ?

MÉTHODOLOGIE

Terrain de l’étude

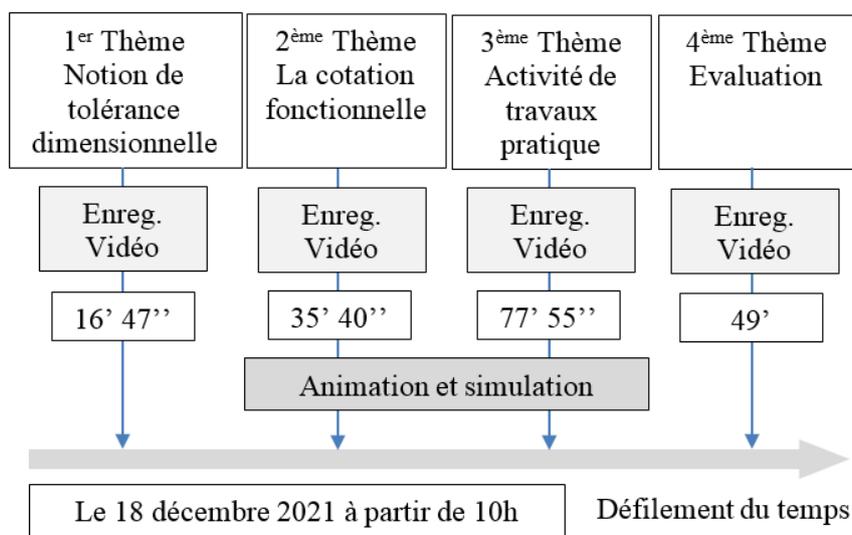
L’enseignant observé est une femme volontaire, qui assure des cours de mécanique ; elle possède une maîtrise et un CAPES en génie mécanique ; elle a une expérience de huit ans d’enseignement en sciences technique dont cinq années d’enseignement en classes de terminale scientifique. Elle est familiarisée avec les difficultés rencontrées par les élèves au cours de l’enseignement de cotation fonctionnelle.

L’étude empirique s’appuie sur une classe de troisième technique de 12 élèves francophones (3 filles et 9 garçons). Le lycée concerné se trouve dans la région du nord-ouest de Tunis dans une zone populaire et les élèves sont issus d’une couche sociale défavorisée. Rappelons qu’en Tunisie les sciences sont enseignées en langue arabe jusqu’au collège et en langue française à partir du lycée.

Organisation des séances d’enseignement

La séance visionnée est répartie en quatre thèmes selon les objectifs visés par le programme. Le visionnage a été fait lors d’une séance d’enseignement qui a été prévues par l’enseignante pour un volume horaire de deux heures 19 minutes. Le diagramme suivant (Figure 1) présente les différents thèmes et leur durée.

FIGURE 1



Enchaînement de la séance de cours enseignement

Recueil des données

Le recueil des données est basé sur l'enregistrement vidéo de la séance visionnée. Nous avons utilisé une caméra mobile et un autre fixe au fond de la classe.

Construction des synopsis primaires

L'analyse commence par une description détaillée de ce qui se passe au cours de la séance d'enseignement. Ensuite, on découpe la description obtenue en sections allant du plus grand au plus petit : la phase qui correspond à l'enseignement d'un des concepts visés, ensuite la scène qui correspond à une interaction professeur-élèves. Cette dernière scène est découpée suivant le rôle de l'enseignant ou la tâche effectuée par les élèves et cela dans le cadre du suivi du déroulement de la séance. Une colonne a été réservée pour les observations qui dépendent de la vision du chercheur en lien avec ces objectifs de recherche. La forme du tableau à établir est présentée sur la Figure 2.

FIGURE 2

Temps	Phases	Scènes	Déroulement		Observations
			Rôle du professeur	Activité des élèves	

Colonnes constituant le synopsis d'une séance

Rédaction de la narration didactique

En se basant sur une description détaillée et sur les synopsis primaires, on construit au début de l'analyse de chaque séance une description courte qui traduit brièvement le déroulement de la séance.

Notre méthodologie s'appuie sur un découpage de l'action professeur-élèves de taille et de granularité différentes qui selon Marlot (2007) représentent des échelles différentes faisant apparaître des événements inaperçus à l'échelle supérieure ou inférieure.

➤ Construction des échelles : granularité de plus en plus fine.

Le gabarit présenté sur la Figure 3 sert de fondement au découpage qui va être fait suivant des granularités expliquées ci-après.

FIGURE 3

Durée	Thèmes	Jeu didactique	Episode		Avancée du savoir		Evènements remarquables
			N°	Description	Topogenèse	Densité épistémique	

Structure du tableau d'analyse des séances d'enseignement ordinaire

➤ Variétés des échelles temporelles

Pour comprendre l'activité de l'enseignement ordinaire, on a choisi un découpage de la séance suivant trois niveaux : une échelle macroscopique qui correspond au temps thématique (un thème à enseigner au cours de la séance) ; une échelle mésoscopique qui correspond à un jeu didactique et une échelle microscopique qui correspond à un épisode (de quelques secondes à quelques minutes). Le choix méthodologique est de commencer une analyse générale présentée par l'étude des thèmes, puis de creuser dans une analyse fine des jeux, et enfin de proposer une analyse plus fine des épisodes.

➤ Structuration thématique

Pour faire une comparaison entre ce qui est fait en classe et ce qui est demandé par l'institution sous forme d'objectif d'enseignement, on a choisi les thèmes qui traduisent les objectifs visés par chaque séance analysée. Cela correspond à une phase dans le synopsis primaire.

➤ Structuration en jeux

L'analyse de l'enseignement ordinaire nous conduit à une analyse des jeux didactiques qui sont réalisés en classe et cela pour comprendre la nature d'un tel enseignement proposé par le professeur. Un jeu est déduit à partir de la colonne du déroulement de la séance dans le synopsis primaire. Dans cette étape de recherche, notre rôle se limite à l'observation et à l'analyse de ce qui est produit en classe.

➤ Structuration en épisodes

Etant donné qu'un jeu peut atteindre une vingtaine de minutes, on a opté pour un découpage plus fin en épisodes. En effet, un épisode est le résultat de la subdivision d'un jeu correspondant au rôle joué par chaque interlocuteur professeur ou élèves. Chaque épisode est alors dédié à un joueur. Mais il y a des exceptions où, dans quelque cas, on peut trouver deux joueurs ensemble dans un épisode lorsque la subdivision perd le sens d'un jeu. Ce découpage nous permet de visionner comment le jeu a été effectué et de repérer alors le basculement topogénétique enseignant-élève ou élève-enseignant. Cela nous renseigne sur les stratégies d'enseignement adopté par l'enseignant.

➤ Les principes de l'analyse

✓ *Des descripteurs liés à l'avancée du savoir*

L'analyse de l'avancée du savoir repose sur deux descripteurs, la topogénèse et la densité épistémique de chaque épisode. Ces descripteurs peuvent localiser les moments clés de la séance, c'est-à-dire déterminer par qui et comment le savoir évolue au cours de l'enseignement, et déterminer l'implication ou non des élèves dans ce processus.

La topogénèse est un descripteur interprétant celui qui assure la responsabilité dans l'avancée des savoirs ; elle de trois types. Elle est du type « TCP_H » (topogénèse haute) lorsque la position topogénétique de l'enseignant est haute alors qu'elle est basse du côté de l'élève. Par exemple lorsque le professeur fait un développement théorique au tableau et que les élèves prennent note sur leurs cahiers. Ou encore, si le rôle des élèves se limitent à l'observation d'une explication ou du déroulement d'une expérience. Elle de type « TCP_B » (topogénèse basse) lorsque la position topogénétique de l'enseignant est basse alors qu'elle est haute du côté de l'élève. Enfin, elle est de type « Equilibré » appelée aussi mixte (Nouri (2016) lorsque les deux intervenants interagissent ensemble pour assurer l'avancée de savoir (Par exemple, lorsque l'enseignant et ses élèves coopèrent à la réalisation d'une expérience, à la production d'une explication d'un phénomène ou bien encore à apporter ensemble une réponse à une question).

Plusieurs auteurs (Le Henaff, 2013; Marlot, 2008; Nouri, 2016; Sensevy, 2011) utilisent la notion de densité de savoir ou de densité épistémique comme descripteur des jeux didactiques, mais sans proposer de définition précise. Selon Ben Jemaa (2017) la densité épistémique est définie selon quatre critères, qui sont évalués qualitativement :

Très élevée : lorsque la quantité de savoirs nouveaux est très grande et son introduction dans le milieu est très rapide. C'est le cas lorsque le professeur annonce plusieurs concepts nouveaux en même temps sans donner d'explications.

Élevée : lorsque la quantité des savoirs nouveaux est importante et son introduction dans le milieu permet un suivi plutôt aisé par les élèves. C'est le cas lorsque le professeur introduit un concept nouveau en le définissant et en donnant l'occasion à ses élèves de le suivre et de lui

poser des questions, ou lorsque les élèves ont pu apporter une explication ou une définition d'un concept nouveau, résultat d'un débat entre professeur-élèves ou à partir d'une expérience.

Faible : lorsqu'il s'agit de savoirs déjà rencontrés par les élèves en sciences physiques. C'est le cas lorsque l'enseignant refait une explication ou un rappel d'une définition déjà rencontrée ultérieurement.

Très faible : lorsqu'il ne s'agit pas de savoirs spécifiques aux sciences technique mais des savoir-faire qui sont épistémiquement liés à plusieurs disciplines ou rattachés à la vie courante. Par exemple, reproduire un texte sur le cahier de cours, réparer un matériel expérimental défectueux etc.

✓ *Construction des tableaux d'analyse*

Notre synopsis primaire est repris et développé pour répondre aux exigences déjà fixées en guide méthodologique : thème, jeu et épisode. On a ajouté deux colonnes, l'une pour l'avancée du savoir et l'autre pour les événements remarquables. Selon Jameau (2012), ils sont identifiés par le chercheur au moment de prises de décisions du professeur, dans l'action. Ces événements peuvent être la question d'un élève ou du professeur, une réponse, une attitude, etc. Les événements remarquables servent d'une part, à la localisation des passages qui nécessitent une transcription détaillée, et d'autre part, à détecter un moment clé de la séance. Le contenu du tableau (Figure 3) obtenu dépasse ce qu'on trouve dans un synopsis classique. Ce tableau sera le support de l'analyse de l'enseignement ordinaire.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Narration didactique

Les élèves sont installés dans la classe. L'enseignante a d'abord posé une question aux élèves : « est-t-il facile de fabriquer une pièce ayant une côte rigoureusement exacte » ? Après avoir interagi avec les élèves et obtenu leurs différentes réponses, ces derniers ont eu une idée sur l'importance de côte maxi et côte mini pour la fabrication d'une pièce. L'enseignante a introduit la côte tolérance, les éléments d'une côte tolérancée et l'inscription de la tolérance.

Une fois cette partie est terminée l'enseignante a demandé aux élèves de réaliser « une activité de découverte » présentant un dessin de tiroir d'une table, composée de trois questions. Une première question porte sur le fonctionnement de système. Une deuxième question s'appuie sur les conditions à respecter pour avoir un bon fonctionnement du mécanisme. Une troisième question accentue les limites de la pièce mobile fournie aux élèves sur feuilles distribuées. L'activité dure 15min. Par le biais d'activité, l'enseignante intervient, en cas de besoin, pour expliquer et aider les élèves à surmonter les difficultés. Ensuite, l'enseignante explique le fonctionnement de système tiroir et corrige au tableau l'activité proposée.

La réalisation de « l'activité de découverte » permet d'amorcer l'enseignement de la cotation fonctionnelle. Ceci permet d'expliquer les conditions à respecter afin d'avoir un bon fonctionnement du mécanisme. L'enseignante commence par un exemple introductif « Tendeur de courroie ». L'enseignante aborde le système utilisé d'une manière synthétique. Elle décrit le fonctionnement du mécanisme et l'interprète par une lecture simple de son dessin d'ensemble avec les élèves. Elle présente une animation du système en trois dimensions avec « montage et démontage » des différentes pièces. Elle présente également une animation 3D de système en coupe simple ainsi que les différentes étapes de passage vers 2D jusqu'à arriver au dessin d'ensemble (2D) du tendeur de courroie. En effet, l'objectif est de créer une imagination mentale chez les élèves. Cette imagination leur permet de se rapprocher de la réalité. Ceci fait pencher la balance en faveur de l'enseignante. Il lui a permis de justifier l'utilité de la côte condition et d'expliquer les différentes natures (jeu, dépassement, retrait ...). En outre, il lui a facilité

l'introduction des règles de représentations d'une côte condition dans un mécanisme (cas de côte horizontale et verticale), la définition et la représentation des surfaces terminales et des surfaces liaisons.

Par la suite la professeure annonce la méthode de traçage d'une chaîne de côte minimale selon la norme et montre la représentation de côte fonctionnelle. Finalement elle présente les équations déterminant le jeu mini et maxi de la côte condition ainsi qu'un exemple d'application numérique pour bien saisir ces équations.

Subséquentement, l'enseignante passe à la deuxième partie de déroulement de la séance d'apprentissage qui a été réservée à la réalisation de deux activités de travaux pratiques et une évaluation formative.

Première activité

La première activité est composée d'un dessin d'ensemble d'une partie de système « mini perceuse avec support » et quatre questions à réaliser par les élèves. Concernant la première question, on demande le traçage de chaîne des côtes relatives aux deux côtes conditions (Ja et Jb) représentées sur le dessin d'ensemble. La deuxième question a été destinée à la détermination des équations donnant les ($J_{a_{max}}$, $J_{a_{min}}$) et ($J_{b_{max}}$, $J_{b_{min}}$). La troisième question est de calculer numériquement les côtes maxi et mini de deux côtes (Ja et Jb). Finalement on demande de représenter les côtes fonctionnelles obtenues sur les dessins de définition des pièces dessinées sur les documents donnés.

L'enseignante a commencé cette activité par une animation de système mini perceuse avec montage et démontage des différentes pièces. L'animation de la partie utilisée présente le passage de 3D en 2D.

Elle a posé quelques questions aux élèves sur le système afin de voir l'effet de l'animation sur la lecture de dessin d'ensemble et la fonctionnalité de ces différents composants. À la fin les élèves sont amenés à effectuer l'activité proposée, l'enseignante accompagne ses élèves et les aide en cas de besoin. Une fois le temps alloué à l'activité est terminé, l'enseignante corrige l'activité en faisant participer ses élèves.

Deuxième activité

Après avoir terminé la première activité, l'enseignante passe à la réalisation de la deuxième activité qui a été composée d'un dessin partiel de coupe tubes et trois questions. La première question est destinée au traçage de chaîne de côtes relatives aux côtes condition Ja et Jb sur le dessin donné. La deuxième question est prévue pour rapporter les côtes fonctionnelles sur les dessins des pièces. La troisième question concerne le calcul de la valeur numérique d'une côte donnée (a_{10}).

À début de cette activité, l'enseignante a accordé cinq minutes aux élèves pour lire le dessin d'ensemble fournir et comprendre la fonctionnalité de ces différentes pièces. Les élèves ont discuté ensemble, ont posé des questions à propos du système et ont demandé l'aide de leur enseignante dans quelques cas d'incompréhension. Une fois le temps alloué a été terminé, l'enseignante a montré l'animation 3D du système sans montrer l'animation de la pièce en coupe avec montage et démontage et les différentes étapes de passage de l'espace (3D) au plan (pièce en 2D sur feuille de dessin). Ceci était de voir si les élèves ont pu créer un espace mental et améliorer leur imagination pour comprendre le mécanisme. Ce qui devrait permettre d'identifier la limite des pièces et les surfaces de liaison entre elles ainsi que les différentes conditions à respecter pour avoir un bon fonctionnement de système. En définitif l'élève devra comprendre l'utilité des côtes conditions et les représenter sur le dessin d'ensemble.

Après l'animation du mécanisme, les élèves ont commencé à répondre aux questions en discutant ensemble et posant des questions sur le mécanisme, l'utilité des côtes conditions données, les surfaces terminales, les surfaces de liaisons et la méthode de traçage. L'enseignante

a suivi le déroulement de l'activité et intervenue en cas de besoin pour les aider. Ensuite elle a chargé les élèves un par un de la correction tout rappelant parfois certaines règles pour le traçage ou le calcul.

À la fin de la séance, l'enseignante leur a fait passer un test d'évaluation pendant quarante-neuf minutes pour évaluer le travail.

Premier niveau d'analyse: construction du tableau d'analyse

Rappelons qu'on se base sur le synopsis primaire des séances pour construire le tableau d'analyse de la séance visionnée (Tableau 1). La méthodologie d'analyse est inspirée des travaux de Ben Jemaa (2017).

TABLEAU 1

Extrait du tableau d'analyse de la séance d'enseignement ordinaire de la cotation

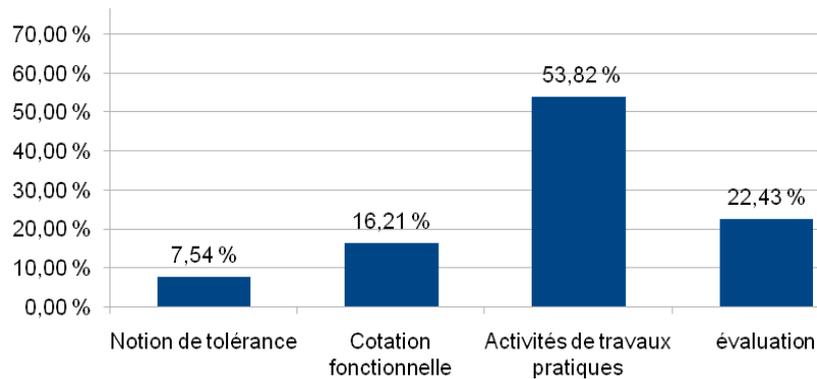
Durée	Jeu didactique	Épisodes		Avancée du savoir		Évènements remarquables
		N°	Description	Topogenèse	Densité épistémique	
1mn50s	Jeu 1 Présentation de contenu à enseigner au cours de la séance Durée 1mn 50s	EP_1.1 Durée 1mn50s	L'enseignante annonce aux élèves qu'elle aborde un nouveau chapitre et qu'elle va commencer par la notion de tolérance dimensionnelle ensuite la cotation fonctionnelle en présentant des animations de mécanisme utilisé et enfin la côte fonctionnelle et les équations de projection de la côte condition	TCP_H	Très élevée	Aucun apport aux élèves ; Utilisation de terme inconnus pour les élèves

Ce tableau tient compte des différentes granularités d'analyse et de la description de l'avancée du savoir, la topogénèse et la densité épistémique. Il montre que la séance a duré 2h19min où l'enseignante a traité quatre thèmes : notion de tolérance dimensionnelle, cotation fonctionnelle, activité de travaux pratiques, évaluation.

Deuxième niveau d'analyse : analyse des thèmes

À partir du synopsis, on a extrait un histogramme qui traduit le taux horaire du temps accordé par l'enseignante durant la séance (Figure 4).

FIGURE 4

*Taux horaire de répartition des thèmes dans la séance*

On rappelle qu'un thème correspond à un concept particulier en lien avec la cotation fonctionnelle ; ce concept fait partie des objectifs visés par la séance en cours. Ces thèmes répondent aux objectifs institutionnels de cette séance. Néanmoins, l'enseignante n'a pas accordé beaucoup d'intérêt à la notion de tolérance. Par contre, elle était très attentive à l'enseignement de la cotation fonctionnelle (de durée 35mn40s), la réalisation des activités de travaux pratiques et l'évaluation.

Troisième niveau d'analyse : analyse en jeux didactiques

On traite les jeux en lien avec leurs thèmes d'origine (Le jeu 1 n'est pas analysé ici car il s'agit d'un jeu introductif aux différents thèmes), c'est-à-dire qu'on garde chaque jeu dans son contexte thématique. Par conséquent, on effectue l'analyse des jeux par thème déjà cité dans le paragraphe précédent.

Thème 1 : notion de tolérance dimensionnelle

Ce thème dure 16min47s ; il est constitué de cinq jeux.

Jeu 2 : Mise en situation.

Ce jeu d'une durée de 1min10s comporte un seul épisode où la topogénèse est haute et de densité épistémique est élevée. Il n'y a aucune interaction verbale entre les élèves et leur enseignante.

Jeu 3 : Eléments d'une côte tolérance.

Ce jeu dure 1mn11s. Il comporte un seul épisode où la topogénèse est du côté professeur et de densité épistémique élevée. Il n'y a aucune interaction verbale entre les élèves et leur enseignant.

Jeu 4 : Inscription de tolérance

Ce jeu dure 2mn02s. Il comporte un seul épisode où la topogénèse est du côté professeur et de densité épistémique très élevée. Il n'y a aucune communication verbale entre les élèves et leur enseignant qui déclare des concepts nouveaux.

Jeu 5 : Activité de découverte

La durée de ce jeu est très importante puisqu'elle atteint 12min24s. Nous avons repéré deux épisodes de topogénèse haute dont un épisode est de densité épistémique élevée, et un épisode de densité épistémiquement faible. Nous constatons que l'enseignante pose des questions et accorde un temps aux élèves pour répondre. Les élèves entrent en interactions avec leur enseignante.

Thème 2 : la cotation fonctionnelle

La durée totale de ce thème est de 35min40s. Ce thème est formé de sept jeux.

Jeu 6 : Exemple introductif.

Ce jeu dure 5mn05s. Il comporte 4 épisodes dont 3 où la topogénèse est du côté professeur, de 2 densité épistémique très élevée et une densité épistémique très faible, pour le quatrième

épisode la topogénèse est mixte de densité épistémique faible. Dans cette phase nous constatons que l'enseignante fait un va et vient entre le plan 2D et 3D en intégrant l'animation et ceci a permis aux élèves de répondre aux questions posées et comprendre le mécanisme donné.

Jeu 7 : Côtes conditions et Jeu 8 : Surfaces terminales

Pour les jeux 7 (1min32s) et le jeu 8 (2min06s) on a constaté que la topogénèse est toujours du côté de l'enseignant de densité épistémique très élevée.

Jeu 9 : Surfaces de liaisons

Ce jeu dure 1mn36s. Il comporte un seul épisode où la topogénèse est haute et de densité épistémique élevée. Les élèves trouvent de difficulté à construire de nouveaux savoirs liés au concept étudié et aucunes interactions avec leur enseignante.

Jeu 10 : Établissement d'une chaîne de côtes (durée 4min27s) et Jeu 11 : Côtes fonctionnelle (durée 1min02s)

Durant les épisodes de ces deux jeux, la topogénèse est toujours du côté de l'enseignant de densité épistémique élevée. On constate que l'enseignante déclare la méthode et annonce les règles de traçage d'une chaîne de côtes sans la participation de ces élèves.

Jeu 12 : Équation de projection d'une côte condition.

Ce jeu dure 8mn08s. Il comporte deux épisodes dont un épisode où la topogénèse est du côté professeur et un épisode mixte, de faible densité épistémique pour les deux.

Thème 3 : Activités de travaux pratiques

La durée totale de ce thème est de 77min55s. Ce thème est formé de deux jeux.

Jeu 13 ; Réalisation de l'activité 1 « mini perceuse avec support ».

La durée de ce jeu est très importante puisqu'elle atteint 41min05s. Il comporte sept épisodes. Nous repérons 4 épisodes de topogénèse mixte dont 2 de densité épistémique très faible et 2 de densité épistémique faible, et 3 épisodes où la topogénèse est du côté professeur dont un épisode de densité épistémique très élevée, un épisode de densité épistémique faible et l'autre de densité épistémique très faible. On constate que l'enseignante pose des questions et accorde un temps aux élèves pour répondre ; les élèves entre en interactions avec leur enseignante.

Jeu 14 Réalisation de l'activité 2 « coupe tube ».

Ce jeu dure 36mn50s. Il comporte 4 épisodes dont 2 où la topogénèse est basse du côté professeur, de densité épistémique très élevée et une densité épistémique faible, pour les deux autres épisodes la topogénèse est mixte de densité épistémique très faible pour le troisième épisode et faible pour le quatrième épisode.

Thème 4 : Évaluation

La durée totale de ce thème est de 49min. Ce thème est formé d'un seul jeu 15 qui correspond à l'évaluation formative.

La durée de ce jeu est très importante puisqu'elle atteint 45 minutes ; il comporte trois épisodes. Nous repérons un épisode de topogénèse haute (du côté enseignant) de densité épistémique élevée, un épisode où la topogénèse est basse du côté élève de densité épistémique très faible et un épisode où la topogénèse est du côté professeur et de densité épistémique faible.

Topogénèse et densité épistémique

Nous avons choisi deux descripteurs de l'avancement du savoir : topogénèse et densité épistémique. Notre analyse est regroupée dans le tableau 2 suivant.

Du point de vue institutionnel, l'enseignante assure un cours où elle aborde les objectifs visés par cette séance. Elle consacre, de plus, un temps important pour l'application.

Du point de vue didactique, le tableau 3 suivant, qui illustre l'avancée du savoir au cours de la séance, montre que la topogénèse est 66,66% des épisodes du côté de l'enseignante et du côté des élèves de 6,66%.

Du point de vue didactique, nous constatons que dans 66.66% des épisodes, la topogénèse est pratiquement toujours du côté de l'enseignant, et que, dans des occasions rares, elle est du côté des élèves (26.66% des épisodes).

La méthode d'enseignement adoptée par l'enseignante ne peut donc pas être classée dans un cadre constructiviste (Arun, 2017; Draganoudi et al., 2022; Grigorovitch, 2023). Nous pensons que l'intégration de l'animation dans la séance par l'enseignante a permis aux élèves de surmonter certaines difficultés liées à la lecture de dessin d'ensemble et l'identification de morphologie de pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme ce qui valide notre hypothèse.

Cependant les élèves n'ont pas participé à la construction de leurs connaissances, bien que la densité épistémique dans la plupart des épisodes ait été très élevée (14 épisodes parmi 30 ont une densité épistémique qui varie entre élevée et très élevée).

Enfin, nous avons pu vérifier que l'intégration de la simulation numérique et les dessins éclatés comme des aides didactiques peuvent être des outils efficaces pour faciliter le codage et le décodage de la notion « Cotation Fonctionnelle » pour les apprenants de la 3^{ème} et la 4^{ème} année sciences techniques tunisiens, on outre, avec cette pratique, nous avons constaté que plusieurs élèves ont surmonté leurs difficultés de la création de l'image mentale en relation avec l'identification des différentes pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme.

Nous pensons que tout mode d'apprentissage qui favorise la création d'images mentales est à privilégier. On pense aussi que l'aspect ludique des représentations et des animations 3D peut entretenir la motivation des apprenants, qui seront impressionnés par la lecture d'une animation d'un système mécanique que par un dessin 2D très plat.

C'est tout le rôle que jouent les maquettes numériques dans notre système de formation. Nous devons élargir le champ d'application de ces maquettes. L'élaboration d'une maquette numérique demande beaucoup de temps. C'est pour cette raison que nous devons encourager la création d'équipes de travail pour se répartir les tâches. Aussi il est nécessaire de créer une base de données pour collecter et partager le travail de ces équipes.

RÉFÉRENCES

- Akriche, M. (1987). Comment décrire les objets techniques? In *Technique et culture* (pp. 49-64). Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Arun, Z. (2017). Formation des enseignants et recherche en didactique des sciences. *European Journal of Education Studies*, 3(9), 206-216.
- Arun, Z. (2018). Questions sur la formation initiale des enseignants en didactique des sciences : une vision alternative. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(1), 44-53.
- Ben Jemaa, A. (2017). *Une ingénierie didactique fondée sur une démarche d'investigation avec simulation pour enseigner les ondes mécaniques au lycée*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France - Université Virtuelle de Tunis, Tunisie.
- Ben Rhomdhan, K. (2004). *Contribution à l'enseignement apprentissage de la lecture du plan d'ensemble : Cas des élèves de la troisième année technique*. ISEFC, Bardo Tunis.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Cifali, M. (1994). *Le lien éducatif: Contre jour psychanalytique*. Paris: Press Universitaires de France.
- Cross, D., & Grangeat, M. (2014). Démarche d'investigation : Analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 155-182.

- Draganoudi, A., Lavidas, K., Kaliampou, G., & Ravanis, K. (2022). Les représentations des enseignants du cycle maternel relatives aux leurs pratiques empiristes lors des activités en sciences. *Mediterranean Journal of Education*, 2(1), 118-127.
- Dumas Carré, A., Weil-Barais, A., Ravanis, K., & Shourcheh, F. (2003). Interactions maître-élèves en cours d'activités scientifiques à l'école maternelle : Approche comparative. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 493-508.
- Grigorovitch, A. (2018). Interactions didactiques et apprentissage en physique à l'école maternelle et primaire. *European Journal of Education Studies*, 5(4), 1-9.
- Grigorovitch, A. (2023). Éducation et formation avec et sans l'école : Réflexions sur l'exemple des sciences physiques. *European Journal of Alternative Education Studies*, 8(1), 48-56.
- Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences, analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France.
- Jarray, A. (2009). *L'apport de l'utilisation du simulateur lors de la représentation graphique d'un guidage en rotation par des roulements à billes*. Mastère de recherche, ISEFC, Tunis.
- Jarray, A. (2015). *L'impact de l'exploitation du modèleur volumique sur l'apprentissage de la construction mécanique*. Thèse de doctorat, Université de Tunis, ISEFC, Tunis.
- Le Henaff, C. (2013). *L'anglais à l'école élémentaire : Analyse didactique de l'articulation entre la langue et la culture*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, France.
- Linares, J. M. (1996). *Contribution à l'étude de la cotation fonctionnelle par une approche systémique*. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- Mabejane, M. R. (2015). Science teacher training within the education system in Lesotho and the realities on the ground. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 70-83.
- Mabejane, M. R. (2016). Physical Sciences student teachers training: Theoretical and practical aspects. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 123-134.
- Mabejane, M. R., & Ravanis, K. (2018). Linking teacher coursework training, pedagogies, methodologies and practice in schools for the undergraduate science education student teachers at the National University of Lesotho. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(2), 67-87.
- Marlot, C. (2007). Analyse de l'action du professeur en classe ordinaire : Formes méthodologiques de réduction du corpus et gestion de la disparité des unités de découpage de l'action. In D. Lahanier-Reuter & E. Roditi (Eds.), *Questions de temporalité, les méthodes de recherche en didactique*. (pp. 153-172). Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.
- Medi, M. (2017). *Pratiques de mobilisation des ressources cognitives et techniques de transfert*. Thèse de doctorat, ISEFC, Bardo, Tunis.
- Mrayhi, M. (2008). Contribution à l'enseignement –apprentissage du concept cotation fonctionnelle. ISEFC, Bardo, Tunis.
- Ndiaye, V. (1990). *Evaluation de l'utilisation de la vidéo dans des travaux pratiques universitaires de biologie*. Thèse de doctorat, Université de Lyon 1, France.
- Nouiri, A. (2016). *Analyse de l'action didactique, de sa continuité et de ses déterminants. Cas de l'enseignement de titrage acide-base en classes de terminales tunisiennes*. Thèse de doctorat, Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue, Tunisie et Université de Toulouse Jean Jaurès, France.

- Ouarzeddine, A., Gomas, 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.
- Ravanis, K. (2000). La construction de la connaissance physique à l'âge préscolaire : recherches sur les interventions et les interactions didactiques. *Aster*, 31, 71-94.
- Rodriguez, D. (2019). Interactions didactiques en sciences physiques. Une stratégie pour l'enfant d'âge préscolaire. *European Journal of Alternative Education Studies*, 4(2), 89-102.
- Saadi, J. (1998). *Les conceptions des étudiants concernant la conduction électrique et la nature du courant*. Mémoire de DEA de didactique des sciences. Université de Tunis 1 Tunisie.
- Saadi, J. (2003). Les conceptions et les difficultés des étudiants concernant l'électrocinétique en courant alternatif essai de remédiation en utilisant la simulation modélisante. Thèse doctorat Université de Lyon 1 (LIRDHIST), France et Université de Tunis (ISEFC), Tunisie.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: De Boeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (Dir.) (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes, France: Presses Universitaires de Rennes.
- Sotirova, E.-M. (2018). Cartes conceptuelles et formation des enseignants du primaire. Le cas de la vision dans l'optique géométrique. *European Journal of Alternative Education Studies*, 3(2), 22-31.