



**LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION PEUT ÊTRE
UNE PRATIQUE EFFICACE POUR ENSEIGNER LES
CONCEPTS ABSTRAITS EN MÉCANIQUE : CAS DES CLASSES
TERMINALES SCIENCES TECHNIQUES EN TUNISIEⁱ**

Mabrouk Mediⁱⁱ,

Walid Oueslati,

Noureddine Ben Yahia

Laboratoire Mécanique, Productique et Énergétiques (LMPE),
École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis (ENSIT),
Tunisia

Résumé :

La démarche d'investigation est une approche qui affirme de plus en plus son potentiel en enseignement. En effet, elle permet aux élèves de développer des compétences, des attitudes et des intérêts, nécessaires pour vivre dans une société de plus en plus dépendante des applications des sciences. En vue de garantir la réussite de l'application des nouveaux programmes et d'améliorer la qualité de l'acte pédagogique en classe, nous avons passé une enquête exploratrice aux enseignants de 4^{ème} et 3^{ème} sciences techniques ; nous avons pu conclure que D'identifier une condition fonctionnelle ou de tracer la chaîne de cotes relative à cette condition sur un dessin d'ensemble d'un mécanisme ; de déterminer les cotes fonctionnelles et les représenter sur les dessins de définition des pièces à partir de la chaîne des cotes ; Celui-ci représente un apprentissage difficile du concept « cotation fonctionnelle » en mécanique. Donc, nécessité d'analyser les différents obstacles, et pensé à la remédiation efficace, pour surmonter les difficultés de l'apprentissage des élèves. Ainsi, notre travail de recherche consiste à une étude comparative entre différentes situations d'apprentissage en utilisant la démarche d'investigation comme pratique enseignante et en exploitant les nouvelles technologies pour essayer de vérifier si : (a) la simulation informatique permet-elle de surmonter les difficultés des élèves liées aux conceptions erronées de traçage de chaîne de côtes et de l'écriture d'une cote de tolérance ? et (b) la simulation informatique peut être une aide didactique à l'enseignant, pour élucider la morphologie des pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme aux apprenants ?

ⁱ THE INQUIRY BASED APPROACH CAN BE AN EFFECTIVE WAY OF TEACHING ABSTRACT CONCEPTS IN MECHANICS: THE CASE OF FINAL-YEAR TECHNICAL SCIENCE CLASSES IN TUNISIA

ⁱⁱ Correspondence: email mabrouk_medi@yahoo.fr

Mots-clés : démarche d'investigation, animation, simulation, cotation fonctionnelle, scénario pédagogique, interaction élève-enseignant

Abstract:

The investigative approach is an approach that increasingly asserts its potential in teaching. Indeed, it allows students to develop skills, attitudes and interests, necessary to live in a society increasingly dependent on the applications of science. In order to guarantee the successful application of the new programs and to improve the quality of teaching in class, we carried out an exploratory survey with teachers of 4th and 3rd technical sciences; we were able to conclude that To identify a functional condition or to trace the chain of dimensions relating to this condition on an overall drawing of a mechanism; to determine the functional dimensions and represent them on the part definition drawings based on the chain of dimensions; This represents a difficult learning of the concept of "functional dimensioning" in mechanics. Therefore, it is necessary to analyze the different obstacles, and think about effective remediation, to overcome the difficulties in student learning. Thus, our research work consists of a comparative study between different learning situations using the investigation approach as a teaching practice and by exploiting new technologies to try to verify whether: (a) does computer simulation make it possible to overcome students' difficulties linked to erroneous conceptions of tracing coastlines and writing a tolerance rating? and (b) can computer simulation be a didactic aid to the teacher, to elucidate the morphology of the parts and their functionalities in a mechanism to learners?

Keywords: inquiry based approach, animation, simulation, functional rating, educational scenario, student-teacher interaction

1. Introduction

Aujourd'hui, tout le monde est conscient que l'enseignement actuel des sciences ne donne pas les résultats escomptés. Il ne s'agit plus de former uniquement des scientifiques mais aussi de permettre une acculturation scientifique de citoyen vivant dans un monde où les sciences et les technologies ont une place prépondérante. Pour répondre à ces exigences, les travaux scientifiques se multiplient tant au niveau national qu'international.

En effet, la plupart des chercheurs affirment que l'importantes de l'interrogation sur l'efficacité et l'avenir des systèmes éducatifs actuels et ses modes d'enseignement-apprentissage et la nécessité d'un renouvellement de l'enseignement des sciences. Ainsi, plusieurs rapports argumentent l'exigence de repenser l'enseignement des sciences techniques en s'appuyant sur l'investigation et l'intégrations des nouvelles technologies : d'une part pour rendre plus attractive l'image des sciences techniques et pour encourager les apprenants à s'orienter vers les études des sciences techniques (High Level Group, 2004; Rocard *et al.*, 2007) et d'autre part pour changer les approches pédagogiques jugées trop cloisonnées (Rolland, 2006) et trop déductives (Bach, 2004; Rocard *et al.*, 2007).

Parmi les démarches éducatives incitantes à un apprentissage efficace, la plus en vogue actuellement est la démarche d'investigation. Il s'agit d'une démarche scientifique fondée sur le questionnement et sur l'investigation, où l'apprenant est placé au centre de l'action de ses apprentissages, s'interroge, agit de manière raisonnée et communique pour construire son apprentissage tout en étant acteur des activités scientifiques (Darley, 2007). D'après Giordan (1999), la démarche scientifique consiste à « *faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les confronter à des hypothèses, de pouvoir maîtriser la démarche pour éventuellement la reproduire et de pouvoir discuter tous les résultats* ».

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation n'est pas une nouveauté dans le monde de la didactique de sciences physiques et de la technologie (Lebeaume, 2011 ; Ravanis, 2021). En effet, plus d'un siècle, cette méthode scientifique a été intégrée dans les curriculums des sciences dans de nombreux pays (Grigorovitch, 2020 ; Hasni & Bousadra, 2016 ; Tin, 2019). Et le nombre de travaux de recherches consultables sur l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation est considérable.

Que la crise qui traverse l'école tunisienne depuis une décennie soit une crise de sens dont les ravages ont affecté la formation technologique scolaire, plusieurs indicateurs relevant des pratiques pédagogiques, du rapport des élèves tunisiens aux contenus enseignés et de l'inégalité des chances quant à l'accès à la culture scolaire le prouvent manifestement. Donc, la rénovation des méthodes de l'enseignement des sciences technologiques est l'un des objectifs majeurs qui doivent être réalisés dans le secteur éducatif, dans cette perspective, la Tunisie a ressenti la nécessité d'engager un ensemble de réformes du système éducatif, visant la généralisation de l'enseignement, l'amélioration de sa qualité y compris celle du contenu pédagogique et la restructuration des cycles de l'éducation.

Ainsi, notre travail de recherche se justifie par plusieurs raisons importantes à savoir l'interrogation sur l'efficacité et l'avenir des systèmes éducatifs actuels et ses modes d'enseignement-apprentissage. Les technologies de l'information et de la communication ont occupé une place de choix, plus précisément les simulations. Les premiers résultats expérimentaux issus de notre recherche ont montré que l'intégration des technologies d'information et de communication (TIC) dans l'enseignement-apprentissage peuvent déstabiliser la manière de penser chez les apprenants et les conduisent à comprendre le concept abstrait « cotation fonctionnelle ».

Dans cette recherche, fondée sur la démarche d'investigation et l'intégration de la simulation informatique nous allons essayer de vérifier si :

- La simulation informatique permet-elle de surmonter les difficultés des élèves liées aux conceptions erronées de traçage de chaîne de côtes et de l'écriture d'une cote de tolérance ?
- La simulation informatique peut être une aide didactique à l'enseignant, pour élucider la morphologie des pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme aux apprenants ?

Les traditions du constructivisme et du socio-constructivisme, affirment que les connaissances de l'élève sont les fruits de ce qu'il construit en classe et mais également

en dehors des établissements scolaires (Grigorovitch, 2015 ; Ravanis, 1998 ; Tin, 2022 ; Zacharos *et al.*, 2011). La conception est un concept « *nomade* » puisqu'on le retrouve dans de nombreux champs disciplinaires (psychologie cognitive, psychologie sociale, épistémologie...). Giordan et De Vecchi (1987), qui inspirant des travaux de Bachelard (1938/1993) qui a examiné cette perspective, font introduire la discipline de conception dans le champ didactique. Dans la didactique de nombreux synonymes sont proposés : raisonnement spontané, préconception, représentation préscientifique, conception erronée, mis conception (Impedovo *et al.*, 2017 ; Kokologiannaki & Ravanis, 2013 ; Saadi, 1998). Les résultats de ce courant de recherche affirment que la conception est l'ensemble d'informations, d'attitudes et d'opinions, formant un système explicatif personnel, structuré et organisé. Cependant, l'expérience montre que la majorité des élèves arrivent en classe avec des représentations mentales, souvent erronées. Ceci est dû à la faite 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 (Hoang, 2019 ; Grigorovitch, 2014 ; Kaliaspos & Ravanis, 2019).

Cifali (2005) a clamé qu'apprendre est parfois modifier tout un réseau de représentations. D'après Cifali, apprendre est donc angoissant, mais lorsque la compréhension se fait, du plaisir s'éprouve, voire de la jubilation : "Ça y est, j'ai compris". Dans ce qui suit, l'objectif est de présenter les modèles conceptuels concernant la cotation fonctionnelle.

Linares (1996) a proposé un modèle pour la cotation fonctionnelle qui est dégagé d'une approche systématique qui est fondé sur la mise en place de concept groupe fonctionnelle (sous-ensembles de pièces) et décrit sa sémantique et les mécanismes liées à leur utilisation. Pour qu'un système remplisse les fonctions pour lesquelles il était créé, il faut que certaines conditions fonctionnelles soient assurées (par exemple : 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, à partir de calculs (chaîne de cotes ...) de prévoir et de calculer la relation géométrique et analytique qui existe entre la cote condition et les cotes tolérances des pièces composant le mécanisme.

En Tunisie les manuels de cours des élèves de 2ème année, 3ème et 4ème année science technique de l'enseignement secondaire, considèrent la thématique de la cotation fonctionnelle avec des résultats mitigés. Medi (2017) a conclu que le concept de cotation fonctionnelle est à l'origine de difficultés pour les élèves en maintenance industrielle. Ben Rhomdhan (2004) a décelé les difficultés rencontrées par les apprenants dans la lecture d'un dessin d'ensemble, et ceci malgré leurs connaissances propres à l'écriture du dessin de finition. Mrayhi (2008) a confirmé que les élèves de 2ème année sciences ont des difficultés pour identifier la nature, l'utilité de la cote condition et la détermination de surfaces terminales suite aux problèmes d'identification et d'interprétation morphologique des pièces dans un mécanisme. À partir de ces études, nous concluons que la source principale des difficultés des élèves dans la lecture du 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 cote condition. Le résultat direct de ces difficultés est que les élèves manifestent généralement un plus 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, l'une des alternatives qui sont proposé par la didactique sont les modèles numériques.

Akriche (1987) répond à la question comment l'animation en 3D fait passer l'objet d'un simple outil à un instrument, et quel est son apport sur l'élève lors de l'apprentissage. Jarray (2015) a montré que L'utilisation de l'outil modeleur 3D pour la représentation des objets donne à l'élève une capacité d'élaboration de plusieurs solutions nouvelles et variées. Jarray (2009) propose un logiciel « pivot » permettant aux élèves de construire des mécanismes de guidage en rotation en utilisant différent types de roulements. Jarray (2015) dans son expérimentation a réalisés des activités dédiées aux apprenants et aux enseignants et a montré que certains apprenants et enseignants ont trouvé des difficultés lors de la réalisation de certaines activités. Ceci montre l'insuffisance de l'animation et le besoin de quelques aides didactique pour une meilleure compréhension des systèmes complexes.

Medi (2017) 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 (1998) a construit un modèle de simulation pour les circuits en utilisant les vecteurs tournants. (Bancilhon & Sarrat, 2008) proposent un modèle de simulation de carte électroniques offrant des moyens didactiques et pédagogiques à la disposition des apprenants. Ndiaye (1990) a prouvé que l'utilisation des vidéos dans les travaux pratiques peut être des aides didactiques.

Afin de répondre aux questions de recherche, nous avons adopté la méthodologie suivante qui se résume d'abord par l'élaboration d'un scénario pédagogique d'une situation didactique basé sur l'utilisation de la simulation par logiciel SOLIDWORKS/FLASH/OPALE (scénarisation), ensuite nous avons tenté une méthode incluant la collecte de données auprès des élèves de troisième année sciences techniques, après avoir été formés au concept cotation fonctionnelle.

Notre analyse s'est appuyée sur des recherches quantitatives visant à connaître les pourcentages d'étudiants ayant répondu correctement aux questions de nos questionnaires, et sur des recherches qualitatives en interprétant ces pourcentages et en analysant les raisons invoquées par les apprenants, afin d'obtenir les difficultés d'identification du concept cotation fonctionnelle, de clarifier leurs origines et de produire des effets pédagogiques basés sur des simulations de construction de connaissances liées à ce concept.

2. Méthodologie

Pour répondre aux questions de recherche, on adopte une méthodologie se basant sur la recueille des données auprès des élèves tunisiens de la troisième année secondaire en science technique après une formation sur les concepts de la cotation fonctionnelle. L'analyse est de nature quantitative et qualitative des réponses des élèves au questionnaire proposé.

L'échantillon est composé de 41 élèves de la 3^{ème} science du lycée « Iben Elbaytar », Medjez El Bebb, Beja. Deux groupes sont formés :

- Groupe A : enseignement classique : papier crayon (21 élèves).
- Groupe B : pratique enseignante par l'approche d'investigation en intégrant l'animation des maquettes en (3D) des assemblages en exploitant le logiciel Solid Works (20 élèves).

3. Résultats et discussion

L'étude expérimentale a conduit aux résultats suivants :

A. La justification et l'utilité de chaque cote condition

Concernant le groupe A, l'histogramme de la Figure 1 qui est constitué à partir des données du Tableau 1 confirme l'existence de difficultés par les élèves questionnés concernant le type des cotes condition, Ja, Jb, Jc. Ainsi, seule 62% des élèves ont identifié la cote Ja (jeu). Ceci est en partie en raison du fait que les jeux sont implicitement faciles à identifier dans la vie quotidienne. Cependant, les élèves questionnés sont incapables de justifier leurs choix. Concernant la cote condition Jb (retrait), 76% ont proposé une réponse fausse. De même, 86% des élèves interrogés ont échoué dans l'identification de la cote condition Jc (dépassement). Visiblement, la difficulté rencontrée par les élèves concernant l'identification des cotes condition est croissante allant du jeu au dépassement en passant par le retrait.

Tableau 1 : Récapitulatif des réponses des élèves à la partie A

	Ja : jeu			Jb : retrait			Jc : dépassement		
	Réponse juste	Réponse fausse	N	Réponse juste	Réponse fausse	N	Réponse juste	Réponse fausse	N
Groupe A	13	08	21	05	16	21	03	18	21
Groupe B	19	01	20	14	06	20	17	03	20

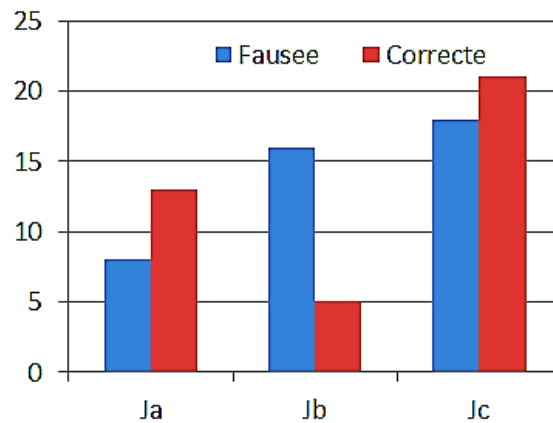


Figure 1 : Réponses des élèves du groupe classique au questionnaire

Concernant le groupe B (enseignement en intégrant l'animation sous Solid Works), l'histogramme de la Figure 2 est obtenu en se basant sur les résultats du Tableau 1 ci-dessus. Visiblement, on observe une évolution remarquable en termes de pourcentage des réponses correctes des élèves questionnés au sujet de l'identification des trois cotes conditions, Ja (jeu), Jb (retrait) et Jc (dépassement). Ainsi, 95% des élèves ont identifié le jeu fonctionnel (cote Ja) avec justification. 70% des élèves du groupe B ont identifié le retrait (Jb) avec succès et 85% ont identifié le dépassement (Jc).

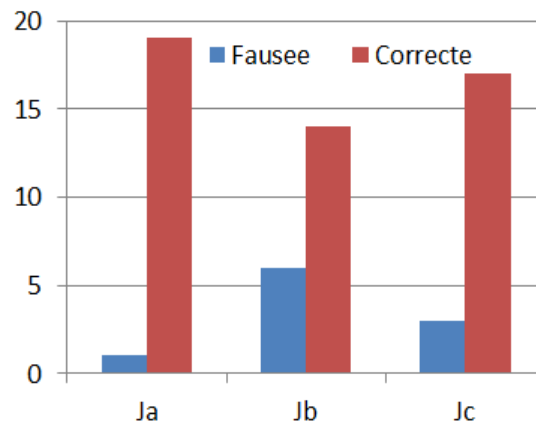


Figure 2 : Réponses des élèves du groupe B utilisant l'animation Solid Works

B. Identification des surfaces terminales, des surfaces de contact ou de liaison entre les pièces et traçage de la chaîne de cotes relatives aux cotes conditions : Ja, Jb, Jc

Tableau 2 : récapitulatif des réponses des élèves à la partie B

	Ja						Jb						Jc							
	ST ¹		SL ²		CH ³		ST		SL		CH		ST		SL ₁		SL ₂		CH	
	v ⁴	f ⁵	v	f	V	f	v	f	v	f	v	f	v	f	v	f	V	f	v	f
Groupe témoin	3	18	9	12	8	13	8	13	6	5	7	14	2	19	4	17	9	12	6	15
Groupe expérimental	16	4	19	1	15	5	19	1	20	0	17	3	18	2	17	3	17	3	14	6

Surface terminale¹, Surface de liaison², Chaîne de cotes³, Réponse juste⁴, Repense fausse⁵

Groupe témoin

Les résultats à cette question confirment bien l'existence de difficultés dans la détermination de surface terminale, de liaisons et traçage de la chaîne des cotes relatives aux cotes conditions Ja, Jb, Jc :

a. Pour la cote condition Ja : jeu

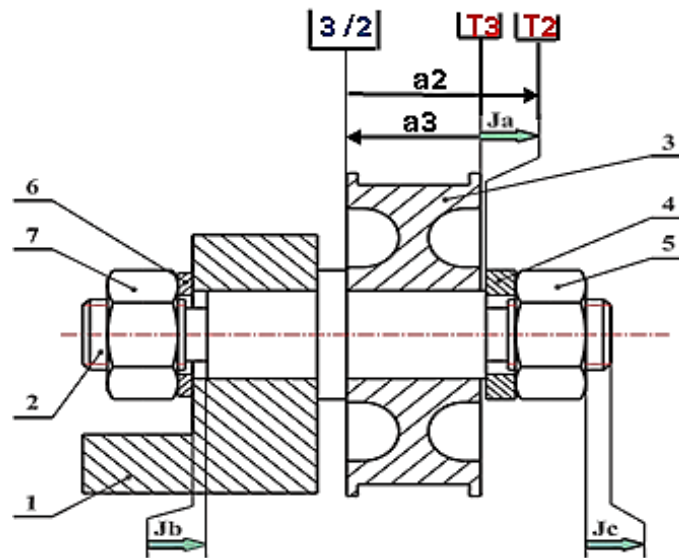


Figure 3 : dessin d'ensemble présentant les surfaces terminales, de liaisons et traçage de chaîne des cotes relatif à la cote condition « a »

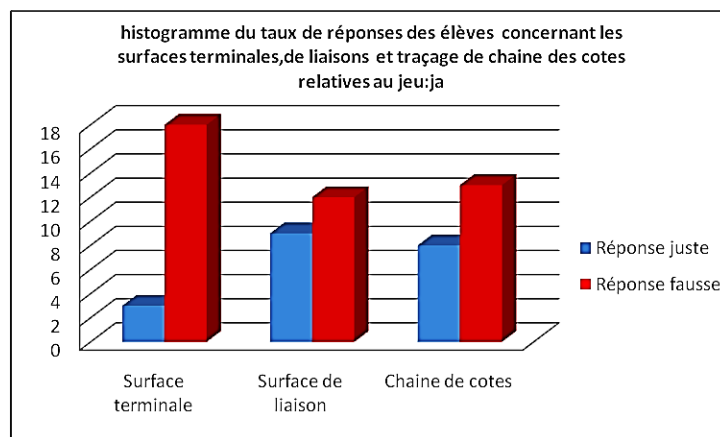


Figure 4 : Réponse des élèves du groupe témoin à la partie B pour la cote condition Ja : jeu

Les résultats dans le tableau 6 montrent bien que 86% des élèves n'arrivent pas à nommer les surfaces terminales (STa) seulement 14% ont réussi à sa détermination. Pour les surfaces de liaisons (SLa) 43% ont déterminé correctement les surfaces de liaisons alors que 57% ont donné des réponses fausses, par la suite on voit bien que pour le traçage de

la chaîne des cotes (CHa) ,38% des élèves ont réussi le traçage et 62% n'arrivent pas à tracer correctement la chaîne.

b. Pour la cote condition Jb : retrait

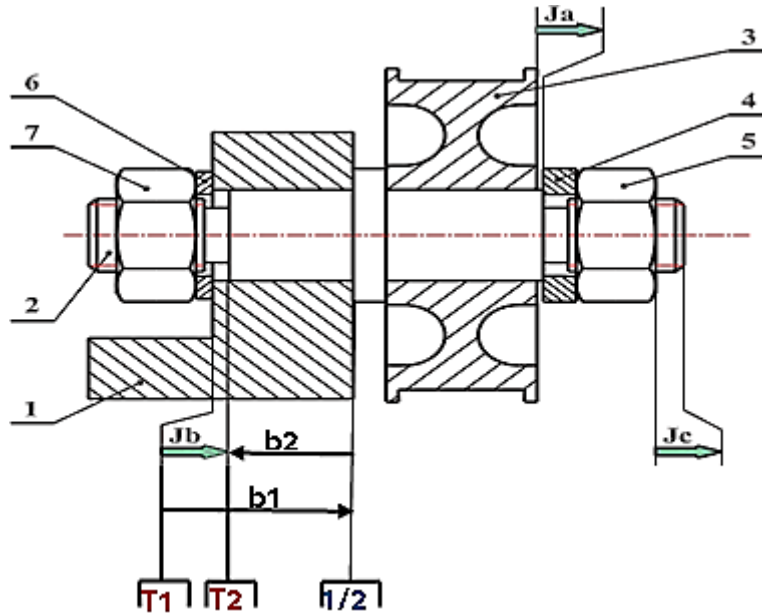


Figure 5 : Dessin d'ensemble présentant les surfaces terminales, de liaisons et traçage de chaîne

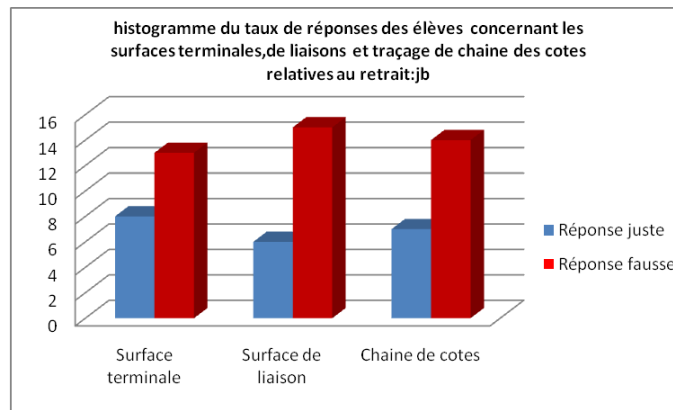


Figure 6 : Réponse des élèves du groupe témoin à la partie B pour la cote condition Jb : retrait

De même pour la cote J_b on voit bien l'apport positif de l'introduction des simulations sur la construction des connaissances des élèves concernant la détermination des surfaces terminales et des surfaces de liaisons : 95% ont déterminé les surfaces de liaison correctement et 5% ont donné des réponses fausses alors pour les surfaces de liaison les difficultés sont surmontés, tous les élèves ont donné une réponse juste (100%) et ceci influe positivement sur le traçage : 85% des élèves ont réussi le traçage et 15% n'ont pas pu le traçage.

c. Pour la cote condition Jc : dépassement

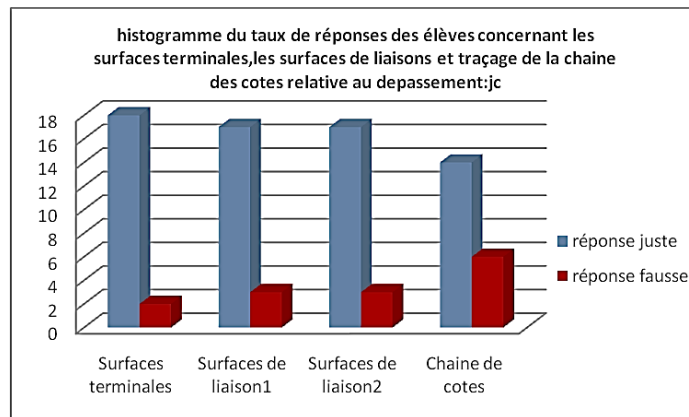


Figure 7 : Réponse des élèves du groupe expérimentale à la partie B pour la cote condition Jc : dépassement

En passant à la troisième cote condition Jc l'effet positif de l'animation est très significatif aussi et la détermination de surfaces terminales et de liaisons deviennent de plus en plus faciles pour les élèves : 90% ont déterminé les surfaces terminales et 10% ont donné des réponses fausses alors pour les surfaces de liaison SL1 et SL2 : 85% ont représenté correctement les surfaces de liaison et 15% ont donné des réponses fausses ce qui permet aux élèves de trouver leurs repères et le chemin exacte pour le traçage de chaîne de côtes .En effet 70 % ont tracé correctement la chaîne et 30% n'ont pas réussi le traçage.

C. Analyse des cotes fonctionnelles trouvées reportées sur le dessin de définition de l'axe (2)

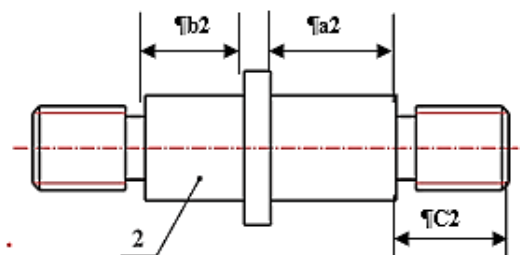


Figure 8 : Dessin de définition de l'axe 2

Groupe témoin

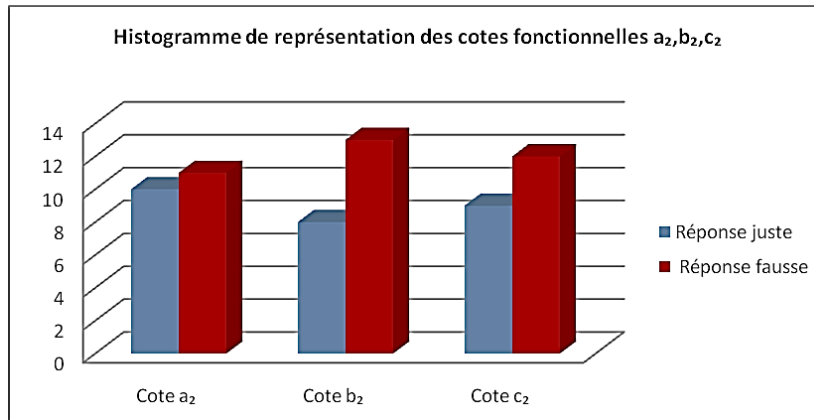


Figure 9 : Réponse des élèves du groupe témoin sur la partie c

Tableau 3 : Récapitulatif des réponses des élèves à la partie C

	Cote a_2		Cote b_2		Cote c_2	
	Réponse juste	Réponse fausse	Réponse juste	Réponse fausse	Réponse juste	Réponse fausse
Groupe témoin	10	11	8	13	9	12
Groupe expérimental	18	2	17	3	13	7

Les résultats à cette question confirment bien qu'il existe des difficultés dans la représentation de cotes fonctionnelles a_2, b_2, c_2 sur le dessin de définition de l'axe (2) suite à non-identification de limite des pièces, leur morphologie et leurs fonctionnalités dans le mécanisme, à ne pas oublier que la représentation correcte de ces cotes est liée aussi au traçage juste de la chaîne des côtes. En effet pour la cote a_2 presque 48% des élèves ont eu une bonne réponse 52% n'ont pas pu représenter correctement cette cote, Concernant la cote b_2 :32% ont bien représenté cette cote et 68% ont donné des réponses fausses. Finalement pour la cote c_2 : 43% des élèves maîtrisent la représentation et 57% n'ont pas réussi à représenter cette cote.

Groupe expérimental

L'utilisation de la simulation rend le mécanisme plus clair, ce qui permet aux élèves une bonne interprétation de ces différentes pièces, de connaître les cotes fonctionnelles utilisées pour le traçage correct de la chaîne des cotes de chaque cote condition.

En effet la notion de représentation des cotes fonctionnelles a_2, b_2, c_2 sur le dessin de définition de l'axe 2 a été maîtrisée correctement par 90% des élèves pour la cote a_2 , 85% pour la cote b_2 et 65% pour la cote c_2 .

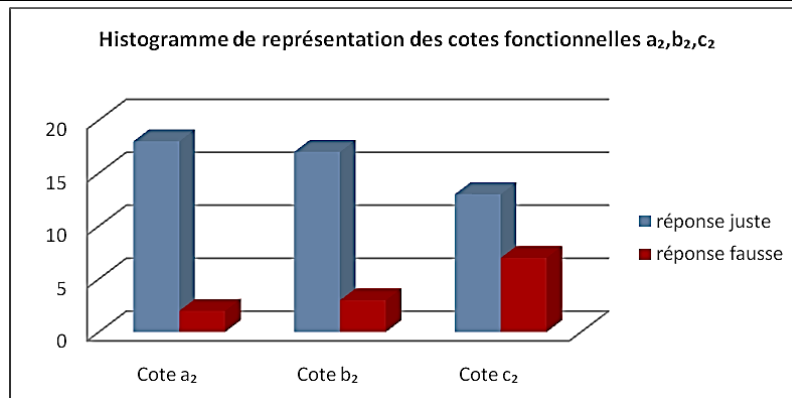


Figure 10 : Réponse des élèves du groupe expérimentale sur la partie c

D. Analyse de résultats pour le calcul de la cote fonctionnelle b_2 relative à la cote condition J_b .

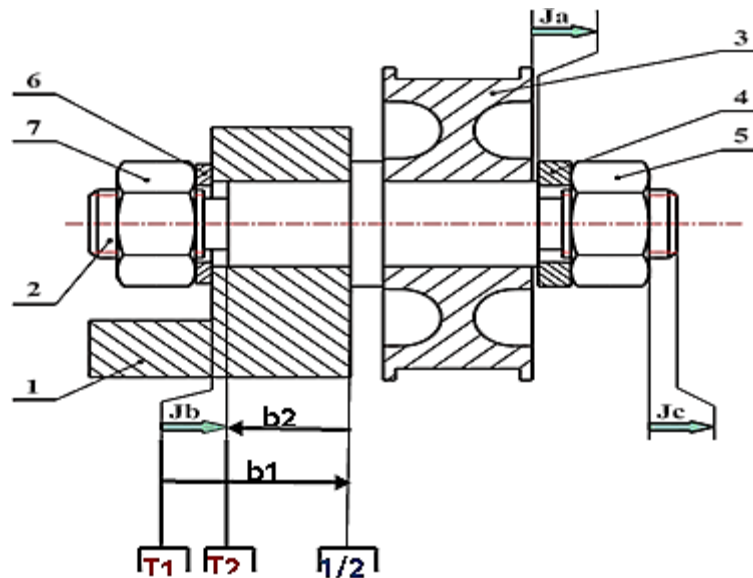


Figure 11 : dessin d'ensemble du système tendeur de courroie pour le calcul de la cote condition J_b

$b_n = \sum \text{cote de même sens que } b - \sum \text{cote de sens contraire que } b \text{ (cote nominale)}$.

$b_{\max} = \sum \text{valeurs maxi de même sens que } b - \sum \text{valeurs mini de sens contraire que } b \text{ (cote maximale)}$.

$b_{\min} = \sum \text{valeurs mini de même sens que } b - \sum \text{valeurs maxi de sens contraire que } b \text{ (cote nominale)}$.

Tableau 4 : Récapitulatif des réponses des élèves à la partie D

Cote condition	b2min			b2max			b2		
	V ¹	F ²	T ³	V	F	T	V	F	T
Groupe témoin	5	16	21	6	15	21	4	17	21
Groupe experimental	15	5	20	14	6	20	13	7	20

¹Vrai, ²Faux, ³Total

Groupe témoin

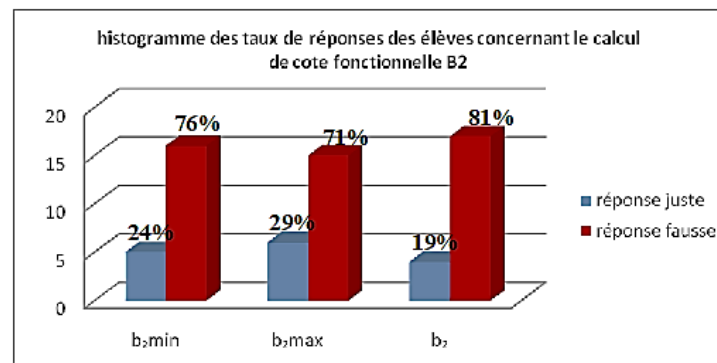


Figure 12 : Pourcentage des bonnes réponses sur la question 4

Les réponses à cette question sont liées au traçage correct de la chaîne des cotes Jb. Généralement les élèves ont des difficultés d'ordre mécanique au moment de traçage : utilité de la cote condition, non identification des surfaces terminales et des surfaces de liaisons, des difficultés d'ordre mathématique liés aux calculs : l'oubli et la non maîtrise des formules utilisées dans le calcul. Donc ils ne peuvent pas calculer facilement cette cote b2 et les résultats donnés au tableau 4 confirment bien ces difficultés (24% des élèves seulement ont donné des réponses justes pour le calcul de b2min et 76% des réponses sont fausses) pour le calcul de b2max (29% des élèves ont trouvé cette cote et 71% n'ont pas pu la déterminer).

Un grand nombre des élèves n'arrivent même pas à calculer et à écrire correctement la cote tolérance b2 (19% ont réussi à calculer correctement et 81% ont donné des réponses fausses).

Tableau 4 : Récapitulatif des réponses des élèves à la partie D

Cote condition	b2min			b2max			b2		
	V ¹	F ²	T ³	V	F	T	V	F	T
Groupe témoin	5	16	21	6	15	21	4	17	21
Groupe experimental	15	5	20	14	6	20	13	7	20

¹Vrai, ²Faux, ³Total

Groupe expérimental

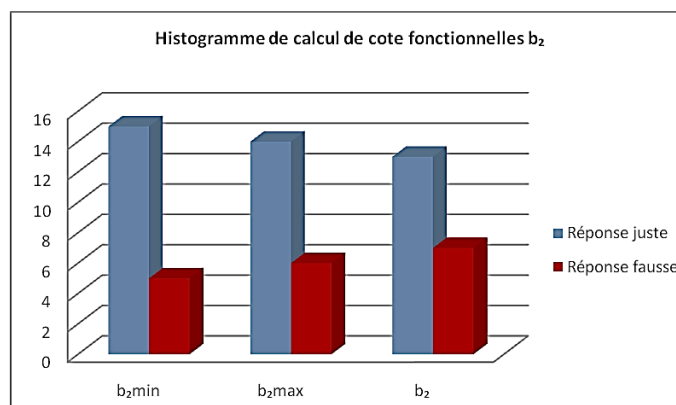


Figure 13 : Pourcentage des bonnes réponses sur la question 4

Comme on a remarqué dans la question 2 l'apport positif de l'intégration des simulations (logiciel solidworks). En effet les simulations ont aider les élèves à surmonter certaine difficultés rencontrées pour le traçage de la chaine des côtes , par montage et démontage de certaines pièces de mécanisme ,présentation des pièces en 3D avec passage de 3D en 2D , peuvent améliorer leurs imagination en s'approchant de la réalité et en construisant des connaissances qui leurs permettent d'interpréter correctement le mécanisme utilisé, de savoir la morphologie et la fonctionnalité de ces différentes pièces et comme ça le traçage de la chaine des cotes relatives aux cotes conditions : ja, jb,jc devient plus simple pour eux en surmontant les difficultés rencontrées pour le calcul de la cote b₂ qui est déterminé à partir de la chaine de cotes relatives à jb. Les résultats présentés au tableau 4 montrent une progression au niveau de la réussite dans le calcul de la cote fonctionnelle. En effet 75% ont réussi à donner des réponses justes pour déterminer b₂ min et 70% des réponses correcte pour déterminer b₂max. 65% des élèves ont réussi à calculer la cote fonctionnelle b₂. Ces pourcentages nous paraissent satisfaisants en les comparant avec ceux obtenue avec le G1.

3. Conclusion

Dans cet article, il a été objet d'analyser en didactique, l'impact de l'utilisation d'un logiciel d'animation, en l'occurrence, Solid Works, dans l'enseignement du cours de la cotation fonctionnelle aux élèves de la troisième année secondaire en science technique, Tunisie, Béja. L'analyse concerne deux groupes d'élèves (A : méthode conventionnelle et B : enseignement par l'animation 3D). Aussi, l'étude porte sur l'analyse des séquences vidéo d'enseignement de l'apprenant au moment de la lecture du dessin d'ensemble, l'identification de la morphologie de pièces qui composent l'assemblage et sa capacité de traçage de la chaine de cotes. Les résultats de cette étude ont montré l'apport de la simulation informatique des assemblages et la motivation des élèves par cette technique. la simulation informatique peut être considéré comme une aide didactique à

l'enseignant, pour élucider la morphologie des pièces et leurs fonctionnalités dans un mécanisme aux apprenants.

Comme perspectives, il est recommandé de :

- Combiner l'usage des simulations avec des méthodes didactique et pédagogique innovante (Mabejane, 2015, 2016). Nous pensons particulièrement à la résolution de problème e/ou la pédagogie par projet.
- Étendre ce travail pour le graphisme technique et pour l'enseignement supérieur pour apprécier son impact sur un publique plus spécialisé en utilisant des technologies plus avancées, tels que les logiciels de réalité virtuelles.

Conflict of Interest Statement

The authors don't have conflict of interest to declare. They have seen and agree with the contents of the manuscript and there is no financial interest to report. They certify that the submission is their original work and is not under review at any other publication.

About the Authors

Mabrouk Medi, Walid Oueslati et Noureddine Ben Yahia are researchers in Didactics of Physics and Technology and teachers in Tunisia. They work in Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue of Tunis, members of the Laboratoire Mécanique, Productique et Énergétiques (LMPE) of École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis. Their research fields are Pedagogy, Curriculum, ICT in Education and Physics and Technological Education.

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.
- Bach, J. F. (dir.). (2004). Groupe de relecture des programmes du collège. Pôle des sciences. Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche.
- Bachelard, G. (1938/1933). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Verin.
- Bancilhon, M., & Sarrat, L. (2008). *Construire cette carte animée au cycle 3*. Université Joseph Fourier, France.
- Ben Rhomdhan, K. (2004). *Contribution à l'enseignement / apprentissage de la lecture d'un plan d'ensemble : Cas des élèves de la troisième année technique*. Master de recherche, ISEFC, Bardo Tunis.
- Cifali, M. (2005). *Le lien éducatif : Contre-jour psychanalytique*. Paris : PUF.
- Darley, B. (2007). La démarche d'investigation et son vocabulaire. *Grand N*, 79, 99-111.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Edition Belin.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux conceptions scientifiques*. Neuchâtel/Paris : Delachaux et Niestlé .

- Grigorovitch, A. (2014). Children's misconceptions and conceptual change in Physics Education: the concept of light. *Journal of Advances in Natural Sciences*, 1(1), 34-39.
- Grigorovitch, A. (2015). La formation des ombres : représentations mentales des élèves de 7-9 ans. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 102-109.
- Grigorovitch, A. (2020). L'enseignement des phénomènes optiques dans un cadre de démarche d'investigation. *European Journal of Education Studies*, 7(6), 147-156.
- Hasni, A., & Bousadra, F. (2016). *Les démarches d'investigation scientifique dans les pratiques d'enseignements du secondaire au d'investigation dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre aux collèges*. *European Scientific Journal*, 10(22), 21-34.
- High Level Group (2004). Increasing human resources for science and technology in Europe. EC conference Europe needs more scientists. Commission Européenne. Direction de la recherche. http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/index_en.html.
- Hoang, V. (2019). L'enseignement de la physique à partir des représentations : un projet collaboratif. *European Journal of Education Studies*, 6(9), 306-315.
- Impedovo, M. A., Delsérieys-Pedregosa, A., Jégou, C. & Ravanis, K. (2017). Shadow formation at preschool from a socio-materiality perspective. *Research in Science Education*, 47(3), 579-601.
- 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*. Master 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, ISEFC, Bardo Tunis.
- Kaliampos, G., & Ravanis, K. (2019). Thermal conduction in metals: mental representations in 5-6 years old children's thinking. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika 'Al-BiRuNi'*, 8(1), 1-9.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Lebeaume, J. (2011). *L'investigation pour l'enseignement des sciences : actualité des enjeux*. In M. Grangeat (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 19-34). Lyon : École Normale Supérieure.
- 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.

- 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 les travaux pratiques universitaires de Biologie*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard - Lyon 1.
- Ravanis, K. (1998). Procédures didactiques de déstabilisation des représentations spontanées des élèves de 5 et 10 ans. Le cas de la formation des ombres. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 105-121). Berne: P. Lang.
- Ravanis, K. (2021). The Physical Sciences in Early Childhood Education: theoretical frameworks, strategies and activities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796, 012092. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012092>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg- Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission Européenne, Direction de la Recherche.
- Rolland, J. M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée nationale.
- 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.
- Tin, P. S. (2019). Un cadre méthodologique pour la démarche d'investigation : L'exemple du changement d'état de l'eau à l'âge de 8 ans. *European Journal of Education Studies*, 6(4), 1-12.
- Tin, P. S. (2022). Représentations mentales et obstacles dans la pensée des enfants de 6 et 11 ans sur la fusion de la glace. *European Journal of Education Studies*, 9(3), 130-139.
- Zacharos, K., Antonopoulos, K., & Ravanis, K. (2011). Activities in mathematics education and teaching interactions. The construction of the measurement of capacity in preschoolers. *European Early Childhood Education Research Journal*, 19(4), 451-468.

Mabrouk Medi, Walid Oueslati, Noureddine Ben Yahia
LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION PEUT ÊTRE UNE PRATIQUE
EFFICACE POUR ENSEIGNER LES CONCEPTS ABSTRAITS EN MÉCANIQUE :
CAS DES CLASSES TERMINALES SCIENCES TECHNIQUES EN TUNISIE

Creative Commons licensing terms

Authors will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Alternative Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflict of interests, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated on the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).