

# **L'impact de l'exploitation du modèleur volumique sur l'apprentissage du dessin technique. Cas des apprenants de première année secondaire en Tunisie**

**SLIM KHEMMERI**

*Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue  
Université Virtuelle de Tunis  
Tunisie  
slimkhemmeri@gmail.com*

## **ABSTRACT**

*This article focuses on the acquisition of knowledge and the development of skills in technical drawing for learners of the first year of secondary school in technology class. It is a question of designing and testing a didactic engineering based on the investigation approach with the use of the SolidWorks volume modeler allowing learners to overcome obstacles and develop their knowledge and know-how. We have developed a learning project in two sequences whose validation is internal based on the confrontation between a priori analysis and a posteriori analysis with two groups of learners. This is a control group who attended a "hand" or traditional drawing course and another experimental group who benefited from a course integrating the 3D modeler. The analysis of the results showed the significant improvement in the level of the test group, supported by the 3D simulator SolidWorks, and made it possible to highlight the strong involvement of the learners allowing the construction of their knowledge and know-how in technical drawing.*

## **KEYWORDS**

*Technical drawing, SolidWorks volume modeler, didactic engineering, investigative approach*

## **RÉSUMÉ**

*Cet article porte sur l'acquisition des connaissances et le développement des compétences en dessin technique pour des apprenants de première année secondaire en classe de technologie. Il s'agit de concevoir et de tester une ingénierie didactique fondée sur la démarche d'investigation avec l'usage du modèleur volumique SolidWorks permettant aux apprenants de surmonter les obstacles et de développer leurs savoirs et savoir-faire. Nous avons élaboré un projet d'apprentissage en deux séquences dont la validation est interne basée sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori auprès de deux groupes d'apprenants. Il s'agit d'un groupe témoin qui a assisté à un cours de dessin « à la main » ou traditionnel et un autre expérimental ayant bénéficié d'un cours intégrant le modèleur 3D. L'analyse des résultats a montré l'amélioration significative du niveau du groupe test, supporté par le simulateur 3D SolidWorks, et a permis de mettre en évidence la forte implication des apprenants permettant la construction de leurs savoirs et savoir-faire en dessin technique.*

## **MOTS-CLÉS**

*Dessin technique, modèleur volumique SolidWorks, ingénierie didactique, démarche d'investigation*

## INTRODUCTION

Le dessin technique ou industriel est une traduction de la pensée technique fondée sur des règles normalisées permettant de suggérer et d'exposer les caractéristiques d'un objet technique en vue de sa fabrication. C'est un langage de communication rigoureux et universel entre concepteur et fabricant.

Par conséquent, le dessin technique ou la représentation graphique est un domaine d'apprentissage essentiel et propice pour initier les jeunes à la technologie et leur permettre d'acquérir des connaissances et de développer leurs compétences en réalisant les diverses tâches présentées. Mais les enseignants, selon Vérillon (1996), soulignent de manière récurrente les difficultés d'apprentissage et de maîtrise du dessin technique en évoquant les échecs continus et durables des apprenants ainsi que les industriels qui se plaignent du manque de performances des sortants du système éducatif dans ce domaine. En réalité, ces défaillances reviennent aux difficultés des apprenants de basculer facilement entre la représentation plane (2D) de l'objet et l'imagination de sa forme réelle. En effet, le passage d'un dessin de l'objet en 2 D à une perception spatiale représente un problème majeur pour l'élève, appréhendé par les enseignants, qui ont du mal à lui communiquer le contenu du programme et pourtant ils s'abstiennent encore d'intégrer les outils numériques pédagogiques permettant aux apprenants de surmonter les obstacles qui entravent l'évolution de leurs connaissances.

Higelé (1991) a diagnostiqué des difficultés éminentes et a suggéré une progression pédagogique élaborée en référence au cadre piagétien permettant de remédier aux embarras repérés. « *Les difficultés rencontrées par les élèves de quatrième préparatoire de LP dans l'apprentissage du dessin technique sont nombreuses.... Ces difficultés nous avaient incitées à mettre en place une formation centrée sur les opérations projectives* » (Higelé, 1991, p. 63). Géronimi (2005) et Martin (2007) ont montré l'apport des outils numériques dans l'apprentissage du dessin en signalant les difficultés imposées pour les apprenants par la double tâche : apprendre à utiliser l'outil et dessiner. Mais Huot (2005) a minimisé ces difficultés en mentionnant que la précision et les aspects géométriques sont des contraintes présentes dans le processus de la conception en mécanique. Quant à Jarray (2015), l'usage du modelleur SolidWorks dans la conception des solutions constructives conduit les apprenants à enquêter plusieurs solutions améliorant ainsi les apprentissages. Compte tenu de cet état de fait, nous retenons que débarrasser l'apprenant du fardeau de l'imagination excessive, en utilisant le modelleur volumique, le motiverait favorisant son implication sérieuse dans l'apprentissage et améliorant la compréhension du dessin et l'appréhension de ses règles.

Notre projet d'apprentissage, consiste tout d'abord en la passation d'un outil de diagnostic pour discerner les difficultés des élèves et vérifier les prérequis afin d'anticiper et de programmer la façon d'enseigner permettant l'acquisition des connaissances et l'instauration de nouvelles compétences. Puis, un ensemble d'activités judicieusement choisies et calibrées permet d'adapter la progression aux lacunes repérées au préalable, tout en adoptant une démarche d'investigation. L'objectif est d'analyser l'impact de cet apprentissage sur deux groupes avec et sans l'usage du modelleur SolidWorks. Le diagnostic se réalise à partir d'un prétest comportant une suite de questions partant de la lecture d'un dessin d'ensemble et l'identification correcte d'une pièce pour la définir par un nombre de vues exposant ses caractéristiques et accompagnées d'une cotation dimensionnelle en se référant à sa vue en perspective. L'apprentissage comprend des activités sélectionnées dans les manuels scolaires de 1<sup>ère</sup> année secondaire et traite notamment les éléments principaux dévoilés à partir de l'analyse des résultats du pré - test. Il s'opère en groupes de deux à quatre apprenants.

## PROBLÉMATIQUE

Comme dans l'enseignement supérieur, l'enseignement technique dans les écoles secondaires se caractérise, dans la plupart des cas, par la prédominance de la représentation plutôt que de l'aspect technique. L'élève est appelé à lire un dessin d'ensemble et à critiquer les agencements et les solutions constructives adoptées, identifier la morphologie et la fonction d'une pièce dans un mécanisme affecté d'un grand nombre de paramètres (plusieurs liaisons, plusieurs pièces de volumes et de formes compliquées ...) et à la représenter graphiquement en intégrant la coupe simple, la représentation des filetages et la cotation dimensionnelle. Mais le manque d'outils et de supports pédagogiques adéquats rend la tâche difficile voire même impossible. La concrétisation du problème fait émerger la question suivante : Quel est l'impact du modèleur volumique 3D sur l'enseignement/apprentissage du dessin de définition en classe de première année secondaire ? La réponse à cette question principale nous conduit à formuler notre hypothèse : L'usage du modèleur SolidWorks favoriserait la motivation des apprenants renforçant leur implication dans l'apprentissage du dessin de définition. Notre recherche s'articule autour de l'élaboration et l'expérimentation d'une ingénierie didactique pour étudier l'apport du modèleur volumique dans l'apprentissage du dessin technique en Tunisie au niveau de la 1<sup>ère</sup> année secondaire et comprend :

- Un cadre théorique renfermant les analyses préalables correspondant à l'étude des diverses contraintes épistémologiques, cognitives et didactiques ainsi que la phase de conception et d'analyse à priori des situations didactiques et l'action sur deux types de variables pertinentes par rapport au problème étudié : les variables « macro-didactiques » ou globales et « micro-didactiques » ou locales liées à l'organisation interne des séquences d'apprentissage (Artigue, 1986).
- Ensuite l'expérimentation ou la mise en œuvre effective des séquences conçues et le recueil des données empiriques suivi d'une analyse à posteriori appuyée sur les données recueillies et accompagnée d'une validation.
- Enfin, une conclusion pour clôturer notre recherche et ouvrir de nouvelles perspectives.

## CADRE THÉORIQUE

Nous présentons dans cette partie les définitions des concepts sur lesquels nous allons nous appuyer ainsi que les études antérieures permettant de situer notre travail et de s'en inspirer de ces recherches pour mieux le conduire en adoptant la méthodologie de l'ingénierie didactique fondée sur la démarche d'investigation.

### *Démarche d'investigation*

Les recherches récentes dans le champ de la didactique des sciences montrent que les méthodes d'enseignement fondées sur l'investigation scientifique prouvent tous les avantages que les élèves peuvent attendre de l'apprentissage des sciences. En particulier le dessin technique, que ce soit en termes d'acquisition de connaissances scientifiques, de compétences de raisonnement scientifique et d'utilisation de données dans des activités d'investigation (Blanchard et al., 2010; Hofstein et al., 2005; Minner et al., 2009; Toplis, 2007) ou en termes d'attitudes plus positives envers la science (Gibson & Chase, 2002). Cette démarche, qui repose sur le questionnement et l'explication, est une suite d'actions en sept étapes partant d'un phénomène observable judicieusement choisie par l'enseignant. Puis la phase d'appropriation du problème par les apprenants ce qui conduit à sa dévolution provoquant un conflit cognitif qui permet de dévoiler les conceptions des apprenants sous forme d'hypothèses et la naissance d'un débat scientifique. Ce débat est en groupe en premier temps pour la vérification des hypothèses puis au sein de la

classe, guidé par l'enseignant, autour des solutions élaborées et la recherche d'arguments pour la validation. Ensuite la 6<sup>ème</sup> étape ou la phase de structuration et d'ancrage des connaissances suivi de la mobilisation ou de l'investissement du nouveau savoir.

Cette démarche, privilégiée en technologie, favorisant la motivation, la curiosité intellectuelle, l'autonomie et la formation de l'esprit scientifique est stratégique pour appuyer la méthodologie de l'ingénierie didactique.

### ***Ingénierie didactique***

Artigue (1988) définit cette méthodologie de recherche, apparue en didactique des mathématiques vers le début des années 80 puis en d'autres disciplines, où elle a migré, comme une forme de travail didactique comparable au travail de l'ingénieur qui, pour réaliser son objectif, s'appuie sur ses connaissances scientifiques et agit sur les diverses contraintes qui entravent l'instauration de son projet. Selon l'auteure, le découpage temporel du processus expérimental de la méthodologie d'ingénierie didactique génère quatre phases : Les analyses préalables correspondant à l'étude épistémologique du contenu des objectifs pédagogiques, l'analyse de l'enseignement usuel et de ses effets, des conceptions des élèves et des obstacles qui affectent leur évolution, des difficultés et des diverses contraintes qui entravent la réalisation de l'expérimentation.

Ensuite, la phase de la conception des séquences et d'analyse a priori. Lors de cette conception, le chercheur décide d'agir sur certaines variables de commande, non contraintes, en raison de leur pertinence par rapport au problème étudié : Les variables *macro-didactiques*, déterminant l'organisation générale de l'expérimentation et l'adaptation du milieu didactique, et les variables locales ou *micro-didactiques* permettant l'élaboration de la situation. Par la suite, l'analyse à priori contribue à « *déterminer en quoi les choix effectués permettent de contrôler les comportements des élèves et leur sens* » (Artigue, 1988, p. 258). Il s'agit donc de décrire et de justifier les options choisies concernant l'élaboration et l'organisation de l'environnement didactique suivie de la prédiction, qui consiste à l'anticipation et l'imagination des différentes stratégies de résolution possibles et l'examen des résultats de mise en œuvre des connaissances ciblées qui offrent le meilleur coût cognitif aux apprenants. Puis la phase d'expérimentation ou de la mise en œuvre concrète des actions envisagées. Enfin l'analyse à postériori et la validation : c'est la phase de traitement, d'analyse, de présentation et d'interprétation des données recueillies au cours de l'expérimentation afin d'infirmer ou de confirmer les hypothèses avec un retour au cadre théorique pour interroger les théories.

### ***Les analyses préalables***

Le dessin technique (également appelé dessin industriel) est un langage graphique figuratif utilisé pour la représentation graphique, la communication technique, la conception et l'analyse des systèmes mécaniques, électroniques ou mécatroniques. Il renferme donc tous les détails nécessaires comme les formes, les dimensions, l'échelle... présentés sur un document de format normalisé et répond à deux besoins fondamentaux du processus de conception technique : formaliser les idées, pour valider les concepts, et communiquer. Ce mode de représentation est apparu en 15<sup>ème</sup> siècle puis développé en 18<sup>ème</sup> siècle avec l'usage de la méthode de projection européenne ou de premier dièdre. Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, est apparue la méthode de projection américaine ou du troisième dièdre. Puis vers la fin de ce siècle le papier et le crayon ont été progressivement remplacés par les ordinateurs permettant de modéliser virtuellement des objets et créer des dessins techniques presque automatiquement. La méthodologie d'apprentissage du dessin technique en classe de 1<sup>ère</sup> année secondaire s'organise autour de documents papier et de systèmes réels ou maquettes et se déroule sous forme d'activités en délimitant les tâches des élèves sur un support pédagogique (manuels scolaires, systèmes techniques, mécanismes, maquettes...). Il s'agit d'un cheminement parfaitement linéaire partant

de l'observation à l'application, limitant ainsi le potentiel d'investigation d'autres solutions possibles.

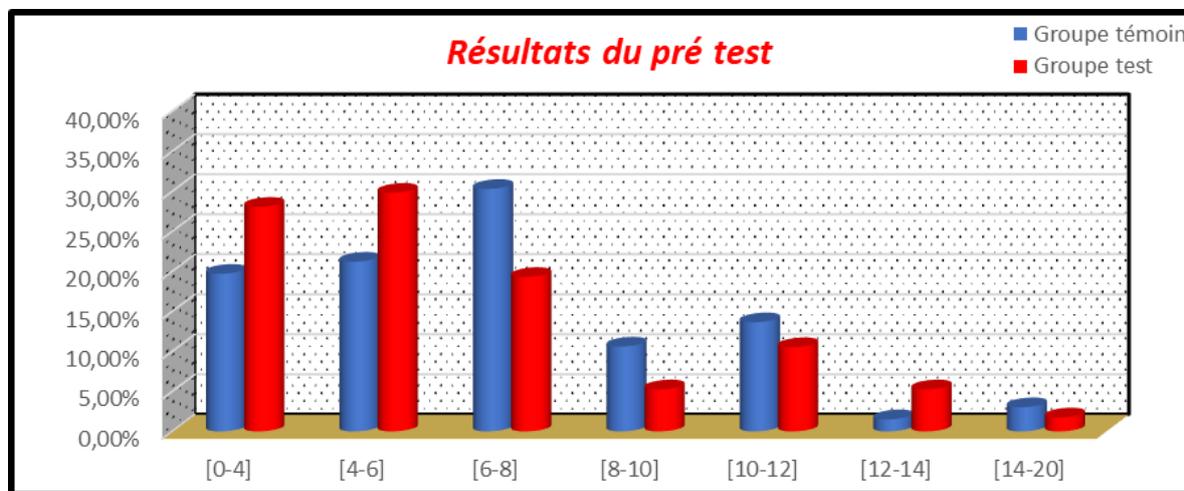
En fait, l'enseignant commence généralement par présenter les codes de la projection et visualiser les composants d'un mécanisme pour expliciter son fonctionnement. C'est un processus qui part linéairement de l'abstraction à la réalité, ce qui est ardu et demande beaucoup d'imagination mettant les apprenants en embarras.

Le diagnostic préalable fin de ces difficultés, des conceptions et des erreurs tenaces des apprenants représentent un point d'appui essentiel pour l'élaboration d'un apprentissage permettant l'évolution de leurs connaissances. Pour cela nous avons réalisé un pré-test dont les résultats sont exposés dans le Tableau 1 et sur l'Histogramme 1.

**TABLEAU 1**  
*Les résultats du pré-test*

		[0-4]	[4-6]	[6-8]	[8-10]	[10-12]	[12-14]	[14-20]	Total
<b>Groupe témoin</b>	Effectif	13	14	20	7	9	1	2	66
	%	19.70	21.21	30.30	10.60	13.64	1.52	3.03	100
<b>Groupe test</b>	Effectif	16	17	11	3	6	3	1	57
	%	28.07	29.82	19.30	5.26	10.53	5.26	1.75	100

**HISTOGRAMME 1**



Le dépouillement des résultats reflète un niveau quasiment similaire entre les deux groupes avec une légère différence en faveur du groupe témoin. En effet les apprenants ayant atteint la moyenne dans le groupe témoin représentent 18.18% du total de ce groupe contre 17.57% pour le groupe expérimental. Les difficultés rencontrées par les apprenants de première année secondaire en dessin technique sont multiples.

Citons par exemple : des difficultés de lecture d'un dessin d'ensemble et l'identification correcte des diverses pièces constituantes ; d'élaboration d'une vue en perspective ; représenter un perçage sur une vue en coupe ; représenter des détails et hachurer les vues en coupe ; construire une troisième vue à partir de deux vues différentes d'un même objet ; dans la vue finale, représenter des détails cachés dans la vue initiale ; coter correctement les détails en tenant

compte de l'échelle du dessin ; décoder une vue en perspective. Ces difficultés d'apprentissage et de maîtrise du dessin technique furent le point de départ de nombreuses recherches. Dans ses recherches Spencer (1965) s'est occupé de la comparaison des performances de lectures suivant que les vues d'une pièce sont arrangées selon la norme européenne ou américaine alors que Leplat et Petit (1965) se sont intéressés à étudier l'impact de l'activité préliminaire du dessin sur la fabrication en atelier. Weill-Fassina et Petit (1968) se sont occupés des erreurs de lecture et ont cherché à "vérifier dans quelle mesure l'apprentissage de l'écriture du dessin favorise l'apprentissage de la lecture" en s'intéressant aux erreurs des élèves, lors de la lecture des dessins (traits absents, erreurs de cotation...), dues au manque de précision des observations et à la difficulté de relier de manière cohérente les résultats observés. Mais en 1973, Weill-Fassina a réinterprété ces résultats dans le cadre théorique conçu par Piaget et Inhelder (1947) pour justifier l'élaboration de l'espace représentatif chez l'enfant en proposant de classer les épreuves selon le type d'espace géométrique représentatif nécessaire pour les résoudre.

Selon Jarray (2015), l'enseignement du dessin technique en 2D, traditionnellement apparu dans le domaine du génie mécanique, se manifeste comme obsolète au regard du développement des technologies de l'information et de la communication dans le domaine de la construction industrielle. En effet, l'utilisation des modeleurs volumiques 3D a permis aux apprenants d'accéder à des environnements 3D (Christophe, 2007; Mellet, 2004). Cela a favorisé de nouvelles activités dans l'enseignement de la technologie au secondaire, en particulier pour les classes de 1<sup>ère</sup> année secondaire, et a mis l'accent sur la manipulation de modèles tridimensionnels et le jeu de graphiques et de représentations mentales.

### ***Conception des séquences***

Pour cette phase, notre cible était de concevoir deux séquences d'apprentissage à destination des apprenants de 1<sup>ère</sup> année secondaire en classe de technologie avec l'usage du logiciel de CAO (conception assistée par ordinateur) « SolidWorks ». C'est un modeleur 3D fonctionnant sous Windows et génère trois types de fichiers qui sont liés : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Il permet aux concepteurs d'esquisser hâtivement des idées, d'expérimenter des fonctionnalités et des côtes pour produire des modèles et des dessins précis. Dès le départ, nous nous sommes appuyés sur des éléments issus de notre revue de littérature en tenant compte des analyses préalables pour éclairer nos choix matériels et logiciels dans l'arrangement de l'environnement. Quant à la conception des activités, elles sont sélectionnées en fonction des savoirs ciblés. Concernant l'analyse a priori des situations conçues, nous cernons rigoureusement le savoir en jeu avant d'anticiper les stratégies et d'organiser la façon d'enseigner qui répond aux attentes. C'est un travail cyclique et itératif d'analyse-modification.

## **EXPÉRIMENTATION**

Notre étude est expérimentale, réalisée au cours de l'année scolaire 2021-2022, et portant sur l'impact du modeleur 3D dans l'évolution des connaissances en dessin technique pour un échantillon formé de 123 apprenants de 1<sup>ère</sup> année secondaire répartis en quatre classes au niveau du lycée secondaire Abou Issak situé à Sfax (Tunisie). Chaque classe est répartie à son tour en deux groupes de 15 à 16 apprenants et étudie la technologie deux heures par semaine. Le public concerné fut divisé en deux groupes. Un groupe expérimental (G1) formé de deux classes comportant 57 apprenants qui ont bénéficié d'un cours intégrant SolidWorks au laboratoire de génie mécanique doté de huit postes ordinateurs. L'autre groupe représente le groupe témoin (G2) formé de 66 apprenants ayant assisté à un cours de dessin « à la main ». Pour ce groupe, la méthodologie d'apprentissage du dessin technique s'organise autour de documents papier (manuels scolaires, photocopiés...). Le document est généralement un dossier

technique d'un mécanisme (système technique) avec une représentation 2D et rarement un dessin en 3D. Elle se déroule sous forme d'activités où l'apprenant est amené à décoder un dessin d'ensemble, identifier la morphologie et la fonction d'une pièce pour la définir, sur un document 2D, avec un nombre de vues judicieusement sélectionnées. Les détails du dessin seront représentés sur les vues, par l'entremise des lignes de projection, soit directement ou à travers la charnière en intégrant la coupe simple, la représentation normalisée des filetages et des taraudages, et la cotation dimensionnelle.

Notre expérimentation est réalisée pendant le temps scolaire en deux séquences, de durée deux heures chacune, comme indiqué dans la planification des apprentissages de la discipline technologie en 1<sup>ère</sup> année secondaire. Notre méthodologie nécessite l'intégration du modéleur volumique et l'usage des postes ordinateurs dont le nombre est réduit par rapport à l'effectif des apprenants.

Pour cela nous avons réparti chaque groupe en binômes, et nous avons essayé de faire en sorte que chaque binôme ait un élève qui maîtrise l'outil informatique, ou possédant un ordinateur. Les deux groupes ont le même enseignant ce qui lui a facilité la tâche. Notre procédé de recueil de données consiste à :

- Enregistrer les productions des apprenants sur ordinateur.
- Observer et filmer les interactions des apprenants avec l'environnement didactique : usage de l'ordinateur et des supports didactiques.
- Enregistrer, à l'aide de l'enregistreur vocal de l'ordinateur, les interactions élève-élève et élève-enseignant.
- Faire passer un post-test à la fin de l'apprentissage.

Pendant la première séance, de durée deux heures, l'enseignant a motivé et enthousiasmé les apprenants afin de les engager davantage dans leur apprentissage ce qui a contribué à la neutralisation du désintéressement et à l'appréciation du savoir et d'autre part leur faciliter la tâche de création de modèles 3D à partir des représentations en 2D et la réalisation des détails sur ces modèles volumiques avec l'insertion des côtes, en utilisant SolidWorks, favorisant ainsi le développement de leurs compétences. Au début de la deuxième séquence, consacrée à la création de modèles 3D et leur mise en plan ou le passage à la représentation plane (2D), l'enseignant a recueilli au moyen d'un entretien collectif les impressions et les commentaires des apprenants concernant les difficultés rencontrées, la motivation et les connaissances acquises en les incitant à se renseigner sur ce logiciel et à réaliser plus d'activités. Il a aussi réorganisé les binômes, en fonction de leurs compétences d'usage de l'outil informatique, exposée au cours de la première séance, pour une meilleure collaboration entre les apprenants. L'enseignant a également permis aux élèves de passer d'un poste à un autre pour plus de coopération parce que parfois on fait plus de confiance à un collègue qu'au professeur. Notons que les apprenants ont passé un post-test immédiatement après l'apprentissage.

## **ANALYSE À POSTÉRIORI**

Généralement les élèves se sont montrés enthousiastes et motivés au cours des séances intégrant le modéleur volumique. Ceci peut être expliqué en partie du fait de l'innovation des méthodes classiques d'enseignement favorisant leur autonomie et contribuant à l'autoformation et l'autoévaluation. En effet, pendant la 1<sup>ère</sup> séance les élèves ont essayé de réaliser les tâches sans aucun découragement afin de découvrir les fonctionnalités de ce logiciel et développer leurs compétences d'usage de ce nouvel outil afin d'appréhender ses fonctionnalités. Les difficultés apparues au début de la séquence ont rapidement disparu laissant place à l'éblouissement et l'enthousiasme des apprenants, fascinés des formes qu'ils ont créé et qu'ils se sont mis à les

faire pivoter et les récréer plusieurs fois. Ce qui a contribué à l’acquisition des connaissances en dessin technique et la maîtrise de ses règles.

La deuxième séance est marquée par un grand enthousiasme et beaucoup plus de motivation et de passion pour exécuter les diverses tâches. Même les apprenants qui, d’habitude semblent désintéressés, se révèlent être bien concentrés et tous motivés. Ce fort engagement des apprenants, grâce au modelleur 3D, est apparu dans certaines de leurs réactions.

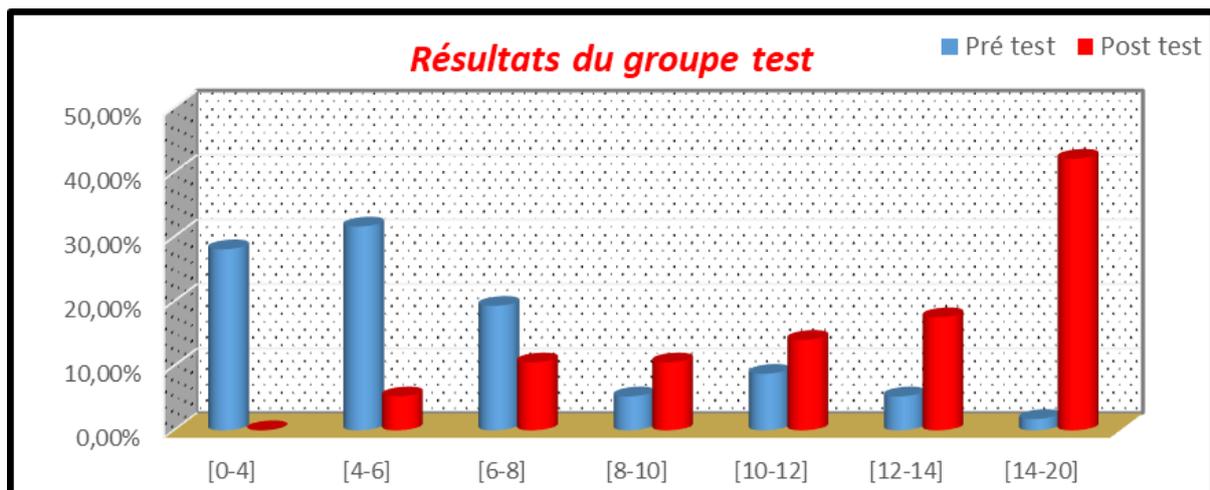
En fait, à la fin de la première séquence, plusieurs apprenants ont l’impression que le temps « passe vite » et expriment leur envie de continuer l’exécution des tâches proposées avant de quitter la classe. Cela reflète l’étendue de leur implication sérieuse et la plus grande importance qu’ils accordent au dessin. D’autres s’interrogent sur la possibilité d’installer ce logiciel afin de réaliser ces activités et d’autres situations chez eux. Nous pouvons donc avancer que les séquences conçues contribuent à l’implication totale des apprenants favorisant l’apprentissage signifiant.

**Analyse des résultats du groupe expérimental avec et sans l’usage du modelleur 3D**

**TABLEAU 2**  
*Les résultats du groupe expérimental*

		[0-4]	[4-6]	[6-8]	[8-10]	[10-12]	[12-14]	[14-20]	Total
<b>Pre-test</b>	Effectif	16	18	11	3	5	3	1	57
	%	28.07	31.6	19.30	5.26	8.76	5.26	1.75	100
<b>Post-test</b>	Effectif	0	3	6	6	8	10	24	57
	%	0	5.26	10.53	10.53	14.03	17.54	42.11	100

**HISTOGRAMME 2**

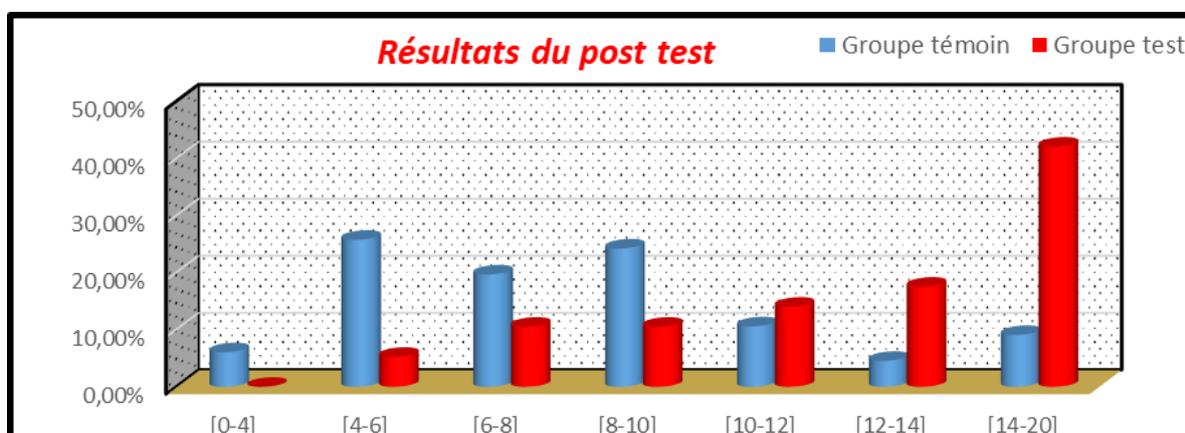


L’analyse des résultats illustre clairement une progression significative et impressionnante. En effet, l’usage du modelleur 3D a contribué à la dissipation des ambiguïtés et de la perplexité donnant aux apprenants confiance en eux en les libérant du fardeau de beaucoup d’imagination.

**Résultats du post-test pour les deux groupes**

**TABLEAU 2**  
Les résultats du groupe expérimental

		[0-4]	[4-6]	[6-8]	[8-10]	[10-12]	[12-14]	[14-20]	Total
<b>Groupe témoin</b>	Effectif	4	17	13	16	7	3	6	66
	%	6.06	25.76	19.70	24.24	10.60	4.55	9.09	100
<b>Groupe test</b>	Effectif	0	3	6	6	8	10	24	57
	%	0	5.26	10.53	10.53	14.04	17.54	42.10	100

**HISTOGRAMME 3**

Après le dépouillement des résultats de ce deuxième comparatif, nous avons remarqué un changement significatif par rapport au pré-test. En effet, les apprenants du groupe témoin ayant obtenu une note supérieure ou égale à 10 sont aux alentours de 16 ce qui fait 24.24 % de l'ensemble du groupe. En revanche, pour le groupe test ce nombre est de 42 élèves ce qui correspond à un pourcentage significatif de 73.70 % d'élèves ayant eu la moyenne. Ce taux important qui dépasse les attentes prouve le rôle crucial du modèleur SolidWorks dans l'amélioration des résultats scolaires en classe de technologie et son impact sur le développement des savoirs et savoir-faire en dessin technique pour les apprenants de 1<sup>ère</sup> année secondaire. Ces résultats sont cohérents avec les travaux présentés et mentionnés dans notre revue de littérature.

**CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

La discipline technologie contribue à la formation de la culture générale des apprenants. Ces derniers ont des difficultés d'apprentissage du dessin technique qui sont plus éminentes lors du passage d'une représentation plane (2D) à une représentation spatiale (3D). L'usage du modèleur 3D, donnant des représentations volumiques des objets techniques faciles à analyser, a fait émerger de nouveaux comportements qui laissent penser qu'il a intégré les schèmes mentaux des apprenants en les amenant à imaginer facilement les formes réelles des pièces et le sens d'observation aidant ainsi les apprenants à faire évoluer leurs conceptions erronées et

élaborer plusieurs solutions nouvelles et variées en les mettant dans une situation d'autoévaluation. « *L'exploitation du modèleur 3D fait passer l'objet d'un simple outil à un instrument, et qui donne à l'élève une autonomie pendant son apprentissage et pendant l'évaluation de sa production* » (Jarray, 2015, p. 169). En effet, le logiciel SolidWorks a donné plus d'autonomie à l'apprenant en s'engageant sérieusement à la recherche de solutions ce qui a développé ses schèmes procéduraux (le comment) et sémiotiques (le pourquoi) améliorant ainsi significativement les apprentissages et facilitant l'acquisition des connaissances et le développement des compétences. Il s'avère donc efficace pour l'apprentissage du dessin et l'appréhension de ses règles ce qui vérifie notre hypothèse.

Les résultats obtenus sont prometteurs tant pour la recherche que pour le développement et l'ampleur de la discipline, mais ils doivent être considérés au regard des limites de notre méthodologie. Rappelons que la démarche d'investigation s'avère un choix stratégique pour favoriser la motivation, la curiosité intellectuelle et la créativité, mais nous n'avons pas disposé d'assez de temps, pendant les deux séquences, pour passer rigoureusement par ses diverses étapes. En plus, pour instaurer notre ingénierie, il serait éminent d'étendre le spectre des analyses préalables pour inclure les manuels scolaires, les ressources numériques, le temps scolaire et la formation des enseignants. Aussi un entretien sérieux et approfondi avec les enseignants et les apprenants serait intéressant pour l'application et la généralisation de cette méthodologie. De notre point de vue, ce travail ouvre de nouveaux horizons et fonde des recherches prometteuses ; ce qui nous permet d'identifier quelques pistes de recherche possibles à la suite de cette étude notamment : L'usage des TIC et leurs incidences sur l'apprentissage et le développement des compétences, aussi professionnelles, au sein des innovations technologiques tels le Web 3.0. L'apprentissage de la conception et la mise en œuvre des systèmes mécatroniques, récemment intégrée dans leurs programmes scolaire, contribuant à la construction des savoirs et savoir-faire des futurs professionnels et à la formation de leur culture générale dans ce domaine prometteur, dans un environnement de progrès scientifiques éblouissants, à l'ombre de la prégnance de l'interdisciplinarité et de l'intelligence artificielle. Aussi le développement et la planification des apprentissages en technologie pour construire une synergie de fait entre l'école et l'industrie. Enfin, il est concevable de tester cette ingénierie didactique sur des classes de 7<sup>ième</sup> de base.

## RÉFÉRENCES

- Artigue, M. (1986). Etude de la dynamique d'une situation de classe : Une approche de la reproductibilité. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(1), 5-62.
- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Blanchard, M. R., Southerland S. A., Osborne J. W., Sampson V. D., Annetta L. A., & Granger E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Christophe, B. (2007). *Esquisse virtuelle en conception mécanique. Mécanique (physics med-ph)*. Université Blaise Pascal-Clément-Ferrand II, France.
- Géronimi, A. (2009). *Familiarisation à la CAO et activité de conception : De l'analyse des situations d'enseignement à la recherche de liens entre elles*. Thèse de doctorat, Pierre Mendès France, Grenoble II, France.
- Gibson H. L., & Chase C. (2002). Longitudinal impact of an Inquiry-Based Science program on Middle School students' attitudes toward Science. *Science Education*, 86(5), 693-705.

- Higelé, P. (1991). Évaluation à moyen terme de l'apprentissage des opérations projectives auprès d'élèves de lycée professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 94, 63-72.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from Inquiry-Type Chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Huot, S. (2005). *Une nouvelle approche pour la conception créative : De l'interprétation du dessin à main levée au prototypage d'interactions non standard*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Nantes, France.
- Jarray, A. (2015). *L'impact de l'exploitation du modèleur volumique sur l'apprentissage de la construction mécanique*. Thèse de doctorat, Aix-Marseille Université France / ISEFC, Tunisie.
- Leplat, J., & Petit, R. (1965). Relations entre le dessin et les exercices pratiques dans l'apprentissage d'un métier manuel. *Bulletin du CERP*, 14, 1-2.
- Martin, P. (2007). *Instrumentation, créativité en éducation artistique : Le cas de l'utilisation des outils de création numérique à l'école*. Thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-en-Provence, France.
- Mellet, D. (2004). *De l'intention à l'attention. Contributions à une démarche de conception d'environnements virtuels pour apprendre à partir d'un modèle de l'action*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans, France.
- Minner, D. D., Jurist Levy A., & Century J. (2009). Inquiry-Based Science instruction - What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Sciences Teaching*, 47(4), 474-496.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1947). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: PUF.
- Spencer, J. (1965). Experiments on engineering drawing comprehension. *Ergonomics*, 8, 93-110.
- Toplis, R. (2007). Evaluating Science investigation at ages 14-16: Dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29(2), 127-150.
- Vérillon, P. (1996). Approches psychologiques et didactiques en technologie, l'exemple du dessin technique. *Aster*, 22, 128-142.
- Weill-Fassina, A., & Petit, R. (1968). Les erreurs dans le dessin industriel. *Bull du CERP*, 18(1), 1-11.