

# L'utilisation des aides didactiques. Quel apport sur l'enseignement-apprentissage de l'écriture et de la lecture d'un dessin technique ?

MOHAMED RIDHA MASTOURI, MABROUK MEDI, WALID OUESLATI,  
NOUREDDINE BEN YAHYA

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

## ABSTRACT

*The use of digital models in the creation of the mental image of abstract concepts remains a breath of fresh air for the teaching and learning of technical sciences in Tunisia, a path for thousands of teachers of technical sciences terminal classes, deprived of didactic materials and experiments. The use of ICT in general and specifically of simulation and digital models in the field of technical drawing education in technology, are didactic means that allow access and dissemination of information at high speed. It also allows teachers to create and innovate in the acquisition and learning of skills. Thus, our research focuses on the notion of appropriation of three-dimensional perception and the creation of the mental image in learners through the use of digital models in learning to read and write a technical drawing. for students in the final classes of technical sciences. In effect: (1) Is the writing of a definition drawing sufficient to enable the student to easily read an overall plan? (2) Can the reasoned use of new information and communication technology remedy the problems of reading an overall plan? At the end of our study, we were able to verify that: (1) Mastering the writing of a definition drawing does not develop the learner's ability to read an assembly drawing. (2) The representation of an overall drawing on a computer contributes to learning to read it. (3) Digital models have major advantages over traditional graphical representation tools and can help learners understand mechanical systems. (4) The digital models by their complete and dynamic representations, contribute to the creation of mental image at the learner and thus to facilitate the reading of the assembly drawings.*

## KEYWORDS

*ICT, problems solving, didactic, three-dimensional perception, mental image, graphical representations, digital models, blueprint reading, operation of a mechanism, technical drawing*

## RÉSUMÉ

*L'utilisation des maquettes numériques dans la création de l'image mentale des concepts abstraits reste une bouffée d'oxygène pour l'enseignement apprentissage des sciences techniques en Tunisie, une voie des milliers des enseignants des classes terminales des sciences techniques, privés de matériels didactiques et d'expérimentations. L'utilisation des TIC en générale et spécifiquement de la simulation et des maquettes numériques dans le domaine de l'enseignement de dessin techniques, sont des moyens didactiques qui permettent d'accéder et de diffuser l'information à grande vitesse. Cela permet aussi aux enseignants de créer et*

*d'innover dans l'acquisition et l'apprentissage des compétences. Ainsi, notre recherche s'intéresse à la notion d'appropriation de la perception tridimensionnelle et la création de l'image mentale chez les apprenants par l'utilisation des maquettes numériques dans l'apprentissage de lecture et d'écriture d'un dessin technique pour les élèves des classes terminales sciences techniques. En effet : (1) Est-ce que l'écriture d'un dessin de définition est suffisante pour permettre à l'élève la lecture aisée d'un plan d'ensemble ? (2) L'utilisation raisonnée des nouvelles technologies de l'information et de la communication peut-elle remédier aux problèmes de lecture d'un plan d'ensemble ? À l'issue de notre étude, nous avons pu vérifier que : (1) La maîtrise de l'écriture d'un dessin de définition, ne développe pas chez l'apprenant la compétence de la lecture d'un dessin d'ensemble. (2) La représentation d'un dessin d'ensemble sur ordinateur contribue à l'apprentissage de sa lecture. (3) Les maquettes numériques présentent des avantages majeurs par rapport aux outils traditionnels de représentation graphique, et peuvent aider les apprenants dans la compréhension des systèmes mécaniques. (4) Les maquettes numériques par leurs représentations complètes et dynamiques, contribuent à la création d'image mentale chez l'apprenant et lui faciliter ainsi la lecture des dessins d'ensembles.*

### **MOTS CLÉS**

*TIC, résolution de problèmes, didactique, perception tridimensionnelle, image mentale, représentations graphiques, maquettes numériques, lecture de plans, dessin technique*

### **INTRODUCTION**

Notre recherche s'intéresse à la notion d'appropriation de la perception tridimensionnelle et la création d'image mentale chez les apprenants par l'utilisation des maquettes numériques dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture d'un dessin technique (Ali, 2015; Ginestier, 2008; Saadi, 2003).

En effet, à la suite de la passation d'une enquête exploratoire (voir annexe), nombreux sont les enseignants qui expriment leur inquiétude face aux difficultés que rencontrent les apprenants dans la compréhension des systèmes mécaniques et la lecture des dessins d'ensemble. Certains considèrent que les antécédents des apprenants 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 (Medi, 2016).

L'objet de cet article est d'analyser la méthodologie, les moyens utilisés par les enseignants dans leur enseignement de la lecture et d'écriture d'un dessin technique (Cartonnet, 1995; Deforge, 1997).

La démarche adoptée ainsi que les moyens choisis pour ce travail de recherche peuvent être transposés à d'autres séquences en technologie.

L'apparition des TIC (technologies de l'information et de la communication) dans le domaine de l'enseignement a bouleversé les habitudes et les pratiques de la pédagogie classique. La multitude des maquettes numériques, des supports informatiques et des applications a mis l'enseignant d'introduire ces outils dans le processus d'apprentissage des apprenants comme aides didactiques.

L'enseignement doit alors s'adapter à cette nouvelle technologie en encourageant les enseignants à produire des ressources et des moyens didactiques de hautes performances au service de la formation de l'apprenant. L'intégration des TIC dans le système scolaire tunisien,

oblige l'enseignant de la technologie à revoir les conditions d'apprentissage classique et les méthodes pédagogiques appliquées pour pouvoir faire face à des nouvelles situations didactiques.

En Tunisie, l'intégration des TIC est réalisée graduellement et d'une manière non uniforme à cause des plusieurs facteurs, plus particulièrement, la disparité des richesses qui a fait que l'introduction des TIC n'est pas faite d'une manière homogène et juste. Pour ces raisons, nous sommes intéressés à la notion de l'appropriation de la perception tridimensionnelle et la création d'image mentale chez les apprenants par l'utilisation des maquettes numériques dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture d'un dessin technique.

Ainsi, dans le cadre de la nouvelle réforme des programmes et 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<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> sciences techniques.

Nous avons pu conclure que :

- Représenter une forme ou un mouvement dans les trois dimensions de l'espace.
- À faire la relation entre un phénomène physique et la cause qui la provoqué.

Celui-ci représente un apprentissage difficile de la mécanique ce qui nécessite d'analyser les différents types d'obstacles. Alors, convaincus de la réforme de l'enseignement de la technologie nous avons choisi la fonction lecture et écriture d'un dessin technique afin :

- De recueillir les difficultés rencontrées par les apprenants à partir de leurs modes de pensées et raisonnement.
- À procéder à des outils fiables permettant la dévolution du savoir à la lumière des représentations des apprenants.

Donc, lors d'une situation de résolution d'un problème de lecture ou d'écriture d'un dessin technique, les situations d'enseignement avec utilisation des aides, peuvent être comparées à d'autres sans utilisation des aides. Plus particulièrement pour les élèves qui ne maîtrisent pas la notion de visualisation ou de l'imagination des objets dans l'espace et qui rencontrent des difficultés au niveau de la représentation et l'explication du fonctionnement d'un mécanisme en technologie à partir d'un dessin technique **2D** ou un schéma cinématique.

Cette problématique nécessite un travail de recherche didactique, en se basant sur les résultats de travaux de plusieurs chercheurs sur les représentations des élèves, qui ont prouvé qu'il n'y a apprentissage que si l'élève est capable de construire et utiliser les représentations dans des contextes variés. En effet, la question de la présence de représentations initiales dans la pensée des enfants avant tout enseignement a beaucoup préoccupé le monde de la psychologie et celui de la didactique. Les enfants approchent le monde physique, formulent et reformulent certaines représentations, résolvent des problèmes et acquièrent progressivement la connaissance des phénomènes (Castro, 2013; Fratiwi et al., 2020; Kokologiannaki & Ravanis, 2013; Medi, 2012; Rassaa, 2011). Ainsi dans la mesure où les représentations à travers lesquels l'élève approche le monde des phénomènes se trouvent en opposition et/ou en incohérence avec les modèles scientifiques et technologiques, les recherches en Didactique des Sciences Physiques et de la Technologie visent à la réalisation des séances d'enseignement susceptibles de favoriser la construction de la pensée scientifique et technologique (Castro, 2018; Mabejane, 2015, 2016; Maskur et al., 2019; Ravanis, 2013; Tin, 2018).

De ce fait, les enseignants ont en commun d'exercer un métier où il faut agir, décider, organiser et surtout, ils doivent de plus en plus créer des conditions favorables à l'apprentissage, gérer les relations entre les élèves, leur apprendre les règles de la conduite en groupe, leur faire acquérir des méthodes de travail, leur éveiller leur curiosité pour ensuite les mettre en état de

recherche. L'enseignant ne doit pas livrer des connaissances, mais il doit inviter l'élève à les découvrir (Nertivich, 2018; Remountaki et al., 2017; Sotirova, 2017).

Ainsi, notre travail est basé sur les raisons fiables et efficaces de l'hypothèse suivante : « la représentation d'un mécanisme en **3D** apporte une aide à l'élève pour le décodage de son plan d'ensemble », extrait de l'article intitulé, contribution à l'enseignement/apprentissage de la lecture d'un plan d'ensemble (Ben Romdhane et al., 2004) et permettant, dans le cadre d'une amélioration continue, la recherche de solutions efficaces en vue de consolider d'avantage les apprenants au cours des situations de résolution de problèmes et ce suite aux interprétations spontanées recueillies et relatives à leurs propres perceptions dans l'espace et à la manière de pensé pour résoudre un problème d'écriture ou de lecture d'un dessin technique.

En effet, dans ce qui suis on va essayer de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que l'écriture d'un dessin de définition est suffisante pour permettre à l'élève la lecture aisée d'un plan d'ensemble ?
- L'utilisation raisonnée des nouvelles technologies de l'information et de la communication peut-elle remédier aux problèmes de lecture d'un plan d'ensemble ?

## **DÉFINITION DE DESSIN TECHNIQUE [norme nf e 04-551 (déc. 1995)]**

Un dessin est une image ou une délimitation qui se fait généralement à la main, à l'aide d'un outil (crayon, pinceau, ...), sur différents matériaux. Le concept de technique, d'autre part, se réfère à un processus lié à la science visant l'obtention d'un résultat donné.

On entend par dessin technique le système de représentation technique de différents types d'objets. Son but est de fournir l'information nécessaire pour analyser l'objet, aider à sa conception et faciliter sa construction ou sa manutention.

Le dessin technique peut être développé à l'aide de l'informatique. Il y a certains programmes (des logiciels) qui permettent de réaliser des projections et des calculs pour faciliter le dessin. Concernant les instruments manuels, les plus habituels sont la règle, l'équerre et le compas.

L'architecture, par exemple, est une science qui fait appel à des dessins techniques. Un bâtiment peut être représenté en projection horizontale (avec une vue de haut, du toit, etc.) ou en projection verticale (vue de face, de côté), avec des précisions sur ses dimensions sur le plan. Dans ce cas, il s'agit d'un dessin (ou d'un projet) d'architecture.

**Le dessin technique** dit aussi **dessin industriel** est un langage graphique figuratif pour la représentation graphique, la communication technique, la conception et l'analyse systémique de produits mécaniques, électroniques ou mécatroniques ( Chevalier, 2004).

Il s'agit d'un ensemble de conventions normalisées pour représenter des objets (produits) et constructions (structures, édifices) ; ces conventions assurent que le produit ou la construction représentée est tel qu'imaginé par le concepteur.

## **ANALYSE DES PUBLICATIONS DIDACTIQUES QUI ONT UTILISÉ LA REPRÉSENTATION EN 3D COMME AIDE DIDACTIQUE**

Durant les vingt dernières années, nous allons analyser des publications didactiques qui sont intéressés aux changements des conceptions des apprenants en utilisant les aides didactiques. En ce qui concerne l'enseignement – apprentissage de la technologie, les travaux publiés sont peu nombreux. Nous présenterons ici uniquement ceux qui portent sur les questions qui nous préoccupent.

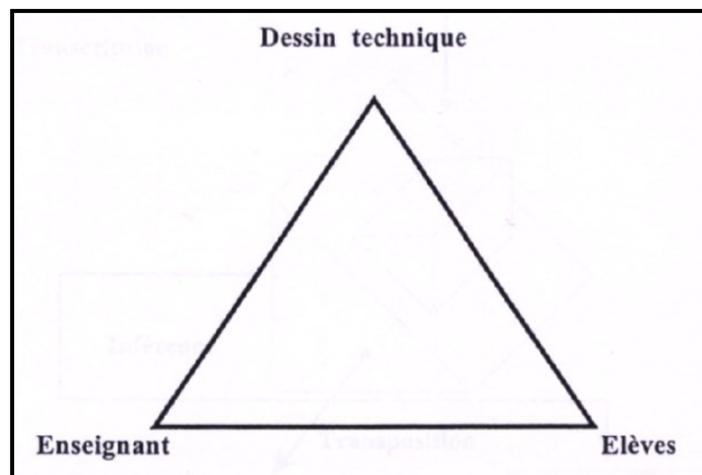
Dans cette partie, nous présentons une synthèse des résultats des publications qui se sont intéressées à la mobilisation des ressources cognitives des apprenants, lors de la lecture d'un plan d'ensemble, en particulier les travaux de Ben Romdhane et al. (2004), qui a prouvé que la représentation des objets en 3D aide les élèves dans la création mentale de la représentation et de l'image dans l'espace.

Dans cette optique, le dessin technique et plus particulièrement le plan d'ensemble est, « *tout d'abord, une représentation à deux dimensions d'un objet industriel qui en a trois. Il est, ensuite, un langage codifié. Il est, aussi, un objet physique produit par des instruments (gomme, calque, encre, crayon graphite, feuille de papier, planche à dessin, table à digitaliser, table traçante, écran cathodique, souris, clavier, etc.). Il est, enfin, un élément de la coordination organisationnelle* » (Lavoisy & Vinck, 2000, p. 10).

Le dessin d'ensemble permet de développer les capacités de raisonnement chez les élèves, il aide ainsi à développer leur faculté d'analyse, de synthèse et d'initiative dans le but d'une réelle autonomie.

Les recherches qui concernent le dessin technique ont été nombreuses pendant plus de vingt ans, (environ de 1970 à 1990). Mais elles ont eu lieu avant l'utilisation des logiciels de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de CAO (Conception Assistée par Ordinateur). De plus, peu de travaux ont concerné directement l'enseignement - apprentissage de la lecture du plan d'ensemble (Abdelli & Ben Jema, 2021; Gebru, 2021; Medi, 2022; N'Djoli et al., 2021; Ntalakoura & Ravanis, 2014 ; Yamani et al., 2018). Dans cette partie nous allons classer les recherches qui concernent l'enseignement - apprentissage de la lecture d'un dessin technique par rapport au triangle didactique représenté par la Figure 1.

**FIGURE 1**



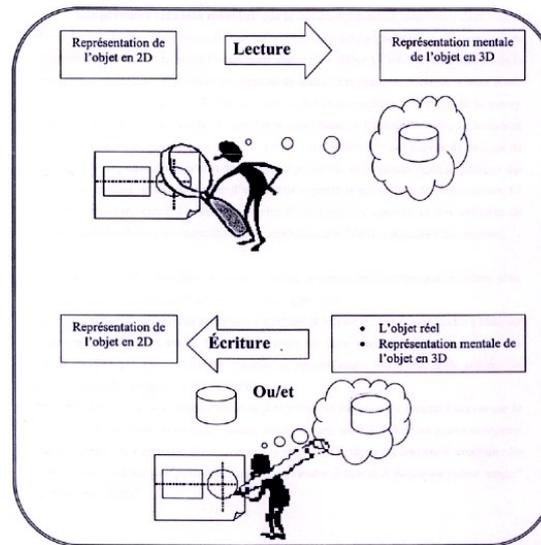
*Le triangle didactique*

On constate que les recherches présentées sont regroupées suivant quatre approches :

1. Des recherches qui s'intéressent au pôle élèves : Approche psychologique ;
2. Des recherches qui s'intéressent au côté enseignant - élève : Approche pédagogique ;
3. D'autres se préoccupent au côté dessin technique - élève : Les conceptions ;
4. D'autres encore se préoccupent du pôle dessin technique : Approche instrumentale.

Dans notre travail, la lecture d'un plan d'ensemble d'un mécanisme se traduit par le passage du plan (2D) sur un support physique (feuilles, écran...) à une représentation mentale volumique (3D), Alors que l'écriture c'est le passage de l'objet réel (ou/et d'une représentation mentale volumique de l'objet) à un plan sur un support physique (Figure 2).

FIGURE 2



*Les notions de lecture et d'écriture d'un dessin technique*

Le dessin technique permet aux techniciens de concevoir, de communiquer les idées et de les faire réaliser, il doit être perçu comme un langage avec son vocabulaire, sa grammaire, sa syntaxe et sa logique. Par analogie avec l'enseignement des langues étrangères.

**- Le dessin d'ensemble est :**

- ✓ Une représentation à deux dimensions d'un objet industriel qui en a trois.
- ✓ Un langage codifié, Il est un élément de l'organisation industrielle.

**- Son apprentissage permet de :**

- ✓ Développer la capacité de raisonnement chez les élèves.
- ✓ Aider à développer leur faculté d'analyse ; de synthèse et d'initiative dans le but d'une réelle autonomie.
- ✓ Rendre compte de l'organisation sociale dans lequel il existe.

**- Dans l'industrie on extrait les dessins de définition à partir de dessin d'ensemble.**

**- Le programme d'enseignement actuel accorde peut d'intérêt à la lecture d'un plan d'ensemble.**

**- L'écriture d'un dessin de définition est enseignée sans la formation préalable sur le dessin d'ensemble.**

## MÉTHODOLOGIE

Nous avons établi un pré-test susceptible de consolider le mécanisme cognitif de l'apprenant interrogé suite à une méthode chronologique permettant le passage mental dans l'espace et l'acquisition du savoir. Ce pré-test est établi en vue de dégager quelques caractéristiques des modes de raisonnement des élèves à propos des notions et lecture et d'écriture d'un dessin technique.

Notre enquête exploratrice dispose des questions ouvertes afin de mieux recueillir les interprétations spontanées des apprenants, les réponses qui reflètent leurs propres perceptions dans l'espace et la manière de résolution des problèmes de dessin technique.

Ce questionnaire a été distribué auprès de 45 élèves tunisiens appartenant au même niveau d'étude (3<sup>ème</sup> année secondaire sciences techniques) au lycée Ibn Sina à Kébili.

Nous avons choisi comme moyen d'investigation pour notre recherche le questionnaire (test de connaissances). Nous posons aux apprenants une question technologique. Ensuite nous leur proposons, à trois phases différentes, trois représentations graphiques : "2D", "3D assemblée ombrée", "3D éclatée et ombrée". Nous cherchons à travers ce type de question de savoir laquelle des représentations graphiques aide l'apprenant à donner la bonne réponse.

En fin de cette série de tests, nous avons invité, individuellement, les apprenants à regarder une animation en 3D (montage/démontage) d'un mécanisme, et on a leur demandé de donner leur avis, sur cette animation et sur la compréhension du fonctionnement du mécanisme

### ***Échantillonnage***

45 élèves de la 3<sup>ème</sup> technique, ils sont formés en écriture d'un dessin de définition et non pas en lecture d'un plan d'ensemble.

### ***Outil d'investigation***

2 tests de connaissances :

- ✓ Écriture des dessins de définition.
- ✓ Lecture d'un plan d'ensemble.

### ***Pour répondre à la 1<sup>ère</sup> question***

Tâche 1.Gr 1,2,3 : Écrire le dessin de définition.

Tâche 2.Gr 1,2,3 : Lire le plan d'ensemble.

### ***Pour répondre à la 2<sup>ème</sup> question***

Tâche 3.Gr 1 : Lire le dessin en 3D virtuelle sur ordinateur.

Tâche 4.Gr 2 : Exploiter le dessin 2D sur ordinateur.

Tâche 5.Gr 3 : Utiliser le dessin 2D sur papier.

### ***Objectif du travail***

Quel apport de l'utilisation des aides didactiques sur l'enseignement - apprentissage de l'écriture et de la lecture d'un dessin technique ?

#### ***A - Utilisation de l'outil informatique***

- ✓ Animations, simulations,
- ✓ Logiciels et modeleurs 3D.

#### ***B- Création d'image mentale chez l'élève***

- ✓ Construction des connaissances assez simples pour savoir dessiner.

#### ***C- Apprentissage du dessin technique***

- ✓ Compréhension et lecture d'un dessin d'ensemble.

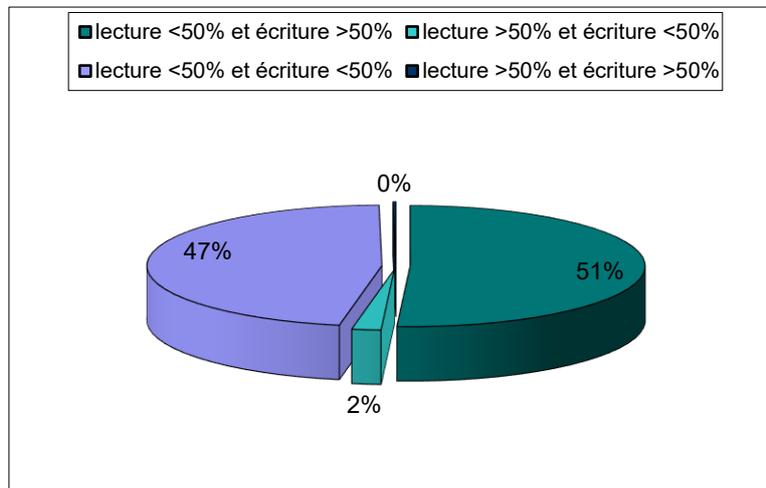
## **RÉSULTATS**

Les deux graphiques suivants (Graphiques 1 & 2) présentent les données des deux tests de connaissances. L'étude de ces graphiques permet de tirer un certain nombre de conclusions.

- L'étude de la pratique sociale de référence légitime l'exploitation de l'outil informatique lors de l'enseignement/apprentissage du décodage des plans d'ensemble.
- L'utilisation raisonnée de l'outil informatique favorise le décodage des plans d'ensemble

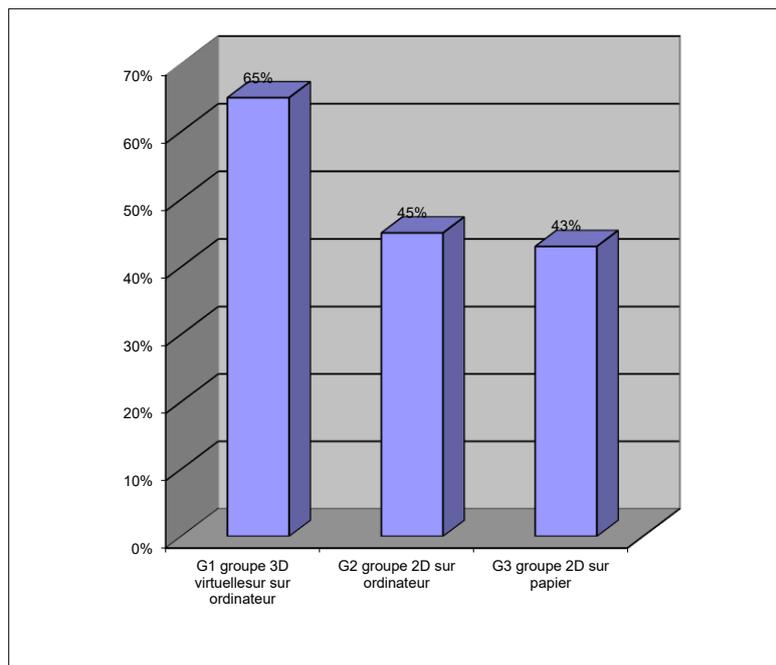
- L'exercice d'entraînement à partir de dessin d'ensemble favorise l'aptitude à la lecture de dessins complexes

**GRAPHIQUE 1**



*Résultats du 1er test de connaissances*

**GRAPHIQUE 2**



*Résultats du 2ème test de connaissances*

Les principales observations soulevées dans cette enquête exploratrice sont :

- La majorité des apprenants conceptualisent mal les éléments fondamentaux des notions de lecture et d'écriture d'un dessin technique et de la fonction cotation fonctionnelle.
- Les apprenants ne peuvent pas résoudre un problème de cotation fonctionnelle ou de lecture ou d'écriture d'un dessin technique, sans passage mental dans l'espace relatif à la compréhension du fonctionnement du mécanisme à partir d'un plan d'ensemble représenté en 2D.

- La modélisation des conceptions et des représentations des mécanismes, permet aux apprenants de comprendre les notions de dessin technique et de cotation fonctionnelle.

Ces constatations nous incitent, dans le cadre de l'enseignement / apprentissage de la technologie à la recherche de solutions efficaces pour consolider d'avantage les apprenants au cours des situations de résolution des problèmes en technologie.

La démarche adoptée ainsi que les moyens choisis pour ce travail peuvent être transposés à d'autres séquences en technologie.

À l'issus de notre étude, nous avons pu vérifier que :

- La maîtrise de l'écriture d'un dessin de définition, ne développe pas chez l'apprenant la compétence de la lecture d'un dessin d'ensemble.
- La représentation d'un dessin d'ensemble sur ordinateur contribue à l'apprentissage de sa lecture
- Les maquettes numériques présentent des avantages majeurs par rapport aux outils traditionnels de représentation graphique, et peuvent aider les apprenants dans la compréhension des systèmes mécaniques.
- Les maquettes numériques par leurs représentations complète et dynamique, contribuent à la création d'image mentale chez l'apprenant et lui faciliter ainsi la lecture des dessins d'ensembles.

## CONCLUSION

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 impressionné 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.

Les TIC, les simulations et les maquettes numériques restent une solution pour les enseignants de la technologie en Tunisie, sans ou avec un minimum de moyens didactiques. Leur utilisation nécessite une formation pédagogique adéquate sur les nouvelles technologies pour les enseignants de la technologie. L'adaptation aux nouvelles techniques d'apprentissage et l'intégration des nouvelles technologies, ne sont pas un choix mais elles sont devenues actuellement une nécessité pour l'enseignement apprentissage de la technologie dans le système éducatif en Tunisie.

Pour conclure, l'apprenant de technologie en Tunisie est motivé par l'utilisation des TIC et de la simulation modélisante. Cet engouement et cette énergie positive doivent être canalisés et utilisés comme valeur ajoutée dans l'apprentissage de la technologie.

Enfin, on doit encourager les équipes pédagogiques pour réaliser des activités utilisant simultanément la pratique et la simulation modélisante.

## RÉFÉRENCES

Abdelli, K., & Ben Jema, A. (2021). L'usage de la simulation numérique dans l'enseignement : Cas des ondes sonores. *Mediterranean Journal of Education*, 1(2), 170-178.

- Ali, J. (2015). *L'impact de l'exploitation du modeleur volumique sur l'apprentissage de la construction mécanique*. Thèse de doctorat, Université de Tunis (I.S.E.F.C.), Tunisie.
- Ben Romdhane K., Mami A., & Bouraoui K., (2004). *Contribution à l'enseignement / apprentissage de la lecture d'un plan d'ensemble*. ISEFC, Bardo Tunis, Tunisie.
- Cartonnet, Y. (1995). Un problème commun ; La lecture d'un plan d'ensemble. *Technologies et Formations*, 66, 20-25.
- Castro, D. (2013). Light mental representations of 11-12-year-old students. *Journal of Social Science Research*, 2(1), 35-39.
- Castro, D. (2018). L'apprentissage de la propagation rectiligne de la lumière par les élèves de 10-11 ans. La comparaison de deux modèles d'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 4(5), 1-10.
- Chevalier, A. (2004). *Guide du dessinateur industriel*. Paris: Hachette.
- Deforge, Y. (1997). Quelques aperçus sur le rôle du dessin dans la conception et la réalisation d'objets, petits ou gros. In *Des techniques à la technologie : recueil d'articles* (pp. 51-55). Paris: Ministère de l'Éducation Nationale.
- Fратиwi, N. J., Samsudin, A., Ramalis, T. R., Saregar, A., Diani, R., Irwandani, I., Rasmitadila, R., & Ravanis, K. (2020). Developing MeMoRI on Newton's Laws: For identifying students' mental models. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 699-708.
- Geburu, M. H. (2021). Visualization and simulation for effective teaching of basic thermal concepts for grade nine. *Mediterranean Journal of Education*, 1(1), 138-153.
- Ginestié, J. (2008). Une balade entre plusieurs mondes – réels, virtuels, modélisés, maquetisés In J. Ginestié, P. Leroux & P. Nonnon (Eds.), *Robotique pédagogique francophone* (Vol. 9, pp. 43-56). Marseille : IUFM Aix-Marseille.
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Lavoisy, O., & Vinck, D. (2000). Le dessin comme objet intermédiaire de l'industrie. In P. Delchambre (Éd.), *Communications organisationnelles. Objets, pratiques et dispositifs* (pp. 47-63). Presses Universitaires de Rennes.
- 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.
- Maskur, R., Latifah, S., Pricilia, A., Walid, A., & Ravanis, K. (2019). The 7E learning cycle approach to understand thermal phenomena. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 464-474.
- Medi, M. (2012). *Les conceptions et les difficultés des élèves concernant la « transmission de puissance par engrenages »*. ISEFC, Bardo Tunis, Tunisie.
- Medi, M. (2016). *Étude des difficultés rencontrées par les apprenants lors de l'enseignement apprentissage des concepts abstraits*. Tunisie : ATUQUED.
- Medi, M. (2022). Utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'éducation et la formation dans le système scolaire tunisien : Un projet innovatif. *Mediterranean Journal of Education*, 2(2), 105-117.
- N'Djoli, J., Benabdelouahab, F., Zerhane, R., & Janati-Idrissi, R. (2021). Vers l'usage des simulateurs informatiques comme solution palliative aux problèmes de manque de travaux pratiques des sciences physiques à l'ISTA/Kinshasa. *Mediterranean Journal of Education*, 1(2), 239-248.

- Nertivich, D. (2018). Concepts thermiques de base chez les élèves de 17 ans. *European Journal of Education Studies*, 4(2), 145-154.
- Norme NF E 04-551. (1995). *Dessins techniques. Tolérancement de dimensions linéaires et angulaires* (NF ISO 406). Tunisie.
- Ntalakoura, V., & Ravanis, K. (2014). Changing preschool children's representations of light: A scratch based teaching approach. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 191-200.
- Rassaa, K. (2011). Concept de champ électrostatique : Modes de raisonnement des étudiants Tunisiens. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 39-58.
- Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10–11-year-old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137.
- Remountaki, E.-L., Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2017). Conceptualizing solid in liquid dissolution in early childhood education settings: A socio-cultural approach. *European Journal of Education Studies*, 3(6), 303-318.
- 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 (I.S.E.F.C.), Tunisie.
- Sotirova, E.-M. (2017). L'apprentissage en sciences expérimentales : La recherche et l'enseignement. *European Journal of Education Studies*, 3(12), 188-198.
- Tin, P. S. (2018). Élaboration expérimentale des représentations mentales des élèves de 16 ans sur les concepts thermiques. *European Journal of Education Studies*, 4(7), 141-150.
- Yamani, D., Mouhouche, A., & Ait El Djoud, A. (2018). Formation aux usages des Technologies de l'Information et de la Communication en Éducation : Impact sur l'attitude de l'enseignant. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 178-185.

ANNEXES

Résultats de l'enquête aux prés des enseignants

Résultats du questionnaire de l'enquête exploratoire

Les prérequis pour la lecture d'un plan d'ensemble de transmission de mouvement selon les professeurs								
N°	détermination des chaînes cinématique	transmission de mouvement	guidage en Tr / Ro	éléments standards	cotation	liaisons mécaniques	imagination	autres
1	1	1	0	0	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	0	1	0	0	0
5	1	0	0	0	1	0	0	0
6	1	1	0	0	1	0	0	0
7	1	0	0	1	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	1	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	1
11	0	1	0	1	0	1	1	0
12	1	0	0	1	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	1	1
14	1	1	0	0	0	0	1	0
15	1	1	0	0	1	1	0	0
16	1	0	0	1	0	0	0	0
17	1	0	0	1	0	0	0	0
18	1	1	1	0	0	1	0	0
<b>total</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>%</b>	<b>94%</b>	<b>50%</b>	<b>11%</b>	<b>28%</b>	<b>39%</b>	<b>22%</b>	<b>17%</b>	<b>11%</b>

