

CONVERSIONS DE REGISTRE SEMIOTIQUES EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE, CAS DE LA NOTION DE VITESSE CHEZ LES APPRENANTS DU SECONDAIRE

DR. DJABOU DJAMEL

Université Bordj Bou Arreridj

djaboudj55@gmail.com

Date de réception : 22/03/2018 **Date d'acceptation :** 06/05/2018

Résumé :

Nous présentons dans cet article les résultats d'une étude de terrain qui s'est portée sur les représentations sémiotiques des différents registres liées à des concepts cinématiques ; puisqu'ils constituent un préalable à l'apprentissage des concepts subséquents dans le domaine de la physique dans le cadre de la théorie de Raymond Duval (1993). Cette étude fut menée auprès d'un échantillon aléatoire composé de lycéens. Elle fut guidée en cela par les différentes approches liées à la notion de vitesse. Nous avons tenté également de faire apparaître les procédures instrumentales mises en œuvre par les apprenants et inhérentes aux différentes représentations sémiotiques des différents registres.

D'après l'analyse des principaux résultats, les apprenants ont tendance à attribuer au concept de la vitesse dans le champ de didactique de la physique un statut d'outil extrinsèque à travers des représentations. Celles-ci ont révélé un attachement à une dimension visuelle. Cette dimension s'est avéré d'une ampleur dépassant le simple niveau de confort compréhensible apparu lors du changement d'un registre vers un autre.

Mots clés : vitesse ; didactique ; physique ; dérivée ; représentation sémiotique ; conversions de registres.

Abstract:

This article presents the results of a study on the semiotic representations of the different registers related to kinematic concepts as they constitute a prerequisite for the learning of subsequent concepts in the field of physics within the framework of Raymond Duval's theory (1993). This study was conducted in a random sample of high school students. She was guided in this by the different approaches related to the concept of velocity. We also tried to show the

instrumental procedures implemented by the learners and inherent to the different semiotic representations of the different registers.

According to the analysis of the main results, learners tend to attribute to the concept of velocity in the field of didactics of physics an extrinsic tool status through representations. These revealed an attachment to a visual dimension. This dimension proved to be of a magnitude exceeding the simple level of understandable comfort that appeared when changing from one register to another.

Key words: velocity; didactics; physics; derivative, semiotic representation; register conversions.

الملخص :

هذا البحث يعرض نتائج دراسة عن التصورات السيميائية للسجلات المختلفة الخاصة بإدراك مفهوم السرعة في مجال الفيزياء التي أجريت على عينة عشوائية ضمت تلاميذ مرحلة التعليم الثانوي مسترشدة في ذلك من خلال المقاربات المختلفة لهذا المفهوم والمكونات المرتبطة بهذا الأخير، كما حاولنا أيضا إبراز الخطوات الأدوات المعتمدة من طرف المتعلمين المذكورين سابقا والمرتبطة بمختلف الإجراءات الكامنة في التمثيل: الجبري، البياني والعددي.

ويبرز تحليل النتائج الرئيسية للعينات المذكورة أعلاه، ميول المتعلمين نحو مفهوم السرعة في مجال تعليمية الفيزياء مكانة لأداة خارجية وذلك من خلال التمثيل الذي أظهر بعدا مرثيا على نطاق يتجاوز المستوى الأدنى للفهم نتيجة التحويل من تمثيل إلى آخر.

الكلمات المفتاحية: السرعة، التعليمية، الفيزياء، المشتق، التصورات، تحويل السجلات،

➤ INTRODUCTION:

De nombreuses recherches didactiques ont révélé, chez de larges proportions d'apprenants, des difficultés au niveau des changements de registres de représentations sémiotiques dans l'apprentissage des phénomènes de la cinématique dans la didactique de la physique (Trudel, Parent & Métoui, 2009).

De telles recherches, ayant traité en général la proposition des idées quant à certains éléments, permettraient une meilleure compréhension.

Vinner (1989), Montoya Delgadillo, E. & Vivier, L. (2015) & Eisenberg et Dreyfus (1991) quant à eux, expliquent certaines difficultés parla tendance des apprenants à utiliser différents types de représentations sémiotiques autres qu'algébrique et se demandent si cette tendance est un produit de l'enseignement.

Duval (1993) de son côté suggère le recours à différents types de « représentations sémiotiques » avec son approche théorique centrée sur la promotion chez les apprenants d'une articulation entre registres ; or ce recours à différents types de registres ne semble pas naturel.

Trudel, L& Métoui, A, (2011) & Páez, R. & Vivier, L. (2013). mettent de l'avant les difficultés des apprenants ayant réussi un cours de mouvement rectiligne à vitesse constante à résoudre des problèmes en physique dont le traitement fait appel à une investigation scientifique assistée par ordinateur.

Partant de cette vision et d'une enquête sur les rapports qu'entretiennent les apprenants avec une utilisation des représentations du concept de vitesse pour mieux cerner les difficultés précitées plus haut, l'étude que nous préconisons dans cet article s'inscrit dans cette perspective. Elle concerne l'analyse de la manière dont les apprenants perçoivent les différentes formes d'application du concept de vitesse à travers des représentations d'ordre graphique, algébrique ou numérique.

Nous essayons alors d'apporter à travers la présente étude des éléments de réponse aux questions qui suivent:

- Comment les apprenants perçoivent-ils le changement de registres des représentations sémiotiques du concept de vitesse lors de la résolution d'un problème de physique?
- Comment gèrent-ils ce changement ?

Ces investigations nous permettent de présenter, en guise des repères épistémologiques, des éléments relatifs à la notion de la vitesse et de ses représentations et de tester notre hypothèse de recherche en vue de répondre aux questions-problèmes posées dans la partie méthodologique.

➤ SOUBASSEMENT THÉORIQUE :

1. Le Concept de vitesse :

Notre choix du concept de vitesse au niveau de la deuxième année du secondaire dans les classes scientifiques se justifie par :

-Le concept de vitesse : est un champ fertile au sein duquel s'organisent les différents types de registres tels que : registre algébrique, registre graphique, registre symbolique,....Par conséquent et, compte tenu de la présence de ces registres, nous choisissons la théorie de R. Duval (1993) sur les représentations sémiotiques des différents registres.

-À ce niveau d'enseignement, l'élève reçoit les bases de la notion de la vitesse avec une autre approche en utilisant la notion de dérivée. Cette dernière occupe une place importante dans les programmes des mathématiques au lycée et particulièrement dans l'évaluation aux épreuves du baccalauréat dans l'année qui suit.

-Traditionnellement le concept de vitesse élaboré dans le champ de la didactique des mathématiques en tant qu'objet, est lui aussi transposable à la didactique de la physique en tant qu'outil explicite au sens de R.Douady (1992) ; ainsi cette dialectique objet/outil va présenter une double visibilité interdisciplinaire d'après les savoirs à enseigner, les manuels scolaires et extrascolaires en mathématiques qui montrent que le concept mis en jeu est appris en tant que tâche d'enseignement. Celle-ci est transposée par différentes approches : **géométrique, cinématique et formelle**, mais n'est finalement utilisée en

physique qu'en tant que "technique didactique" évoquée par différentes représentations : graphiques- algébriques-numériques. Les idées précitées, allant du global au local, sont essentielles d'une part pour la maîtrise du concept de vitesse et d'autre part parce qu'elles génèrent des difficultés d'apprentissage qui sont également étudiées par (B. Cornu 1983 ; A. Sierpinsky 1985 et C. Castela 1995). À cet effet, nous avons jugé utile d'explicitier ce que véhiculent les savoirs enseignés dans les champs de la didactique de la physique par ces deux approches :

a. Une approche cinématique :

Pour représenter le concept de nombre dérivé d'une fonction en un point, pour atteindre ce concept, le programme propose plusieurs démarches:

- passage de la vitesse moyenne à la vitesse instantanée pour des mouvements rectilignes suivant des lois horaires élémentaires (trinôme du second degré dans un premier temps).
- zooms successifs sur une représentation graphique obtenue à l'écran de la calculatrice.

b. Une approche géométrique qui sert à représenter la pente d'une sécante par le passage à la limite. Cette pente correspondra alors à la dérivée d'une fonction en un point $(x, f(x))$ qui représentera ainsi l'aspect global d'une dérivée d'une fonction qui sera définie par la relation formelle suivante :

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} = f'(x) = \frac{df}{dx}$$

En outre : l'analyse du programme de sciences physiques nous informe que le concept de dérivée n'apparaît que par le passage de la vitesse moyenne à la vitesse

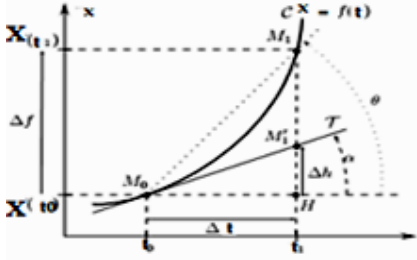
instantanée lesquelles vitesses sont illustrées en tant que modèle, comme le montre les deux tableaux que nous proposons ci-dessous:

Tableau1 : Représentants d’outils du champ du modèle
De la vitesse moyenne

Représentant dans les registres			
	Algébrique	Graphique	Numérique
Vitesse moyenne	Taux de variation moyen $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{t_2 - t_1}$	La pente de la tangente 	Expressions ou tableaux trouvés, ou enregistrés durant des séances de travaux pratiques ou activités existant dans les manuels

Tableau2 : Représentants d’outils du champ du modèle
de la vitesse instantanée

Représentant dans les registres		
Algébrique	Graphique	Numérique

Vitesse instantanée	Taux de variation instantané $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$	$\tan \alpha = \Delta x / \Delta t$ représente le coefficient directeur de la tangente T passant par le point $M_0(t_0, f(t_0))$ 	Expressions ou tableaux trouvés, ou enregistrés durant des séances de travaux pratiques ou activités existant dans les manuels
----------------------------	---	---	---

En conclusion, l'analyse de ces deux transpositions, à savoir la transposition mathématique et celle de la physique, montre que le passage de la conception globale à la conception locale peut mettre l'apprenant dans une position cruciale qui le pousse à acquérir la notion de la vitesse à l'aide de la notion de dérivée en mathématique en tant qu'"objet" et sa transposition en physique en tant qu'"outil".

Ces difficultés ne peuvent être élucidées que par l'intermédiaire des outils sémiotiques de Duval et par une interprétation basée sur les représentations graphiques, algébriques et numériques. Après avoir pris connaissance du concept mis en jeu, nous nous attèlerons à montrer le rôle de l'association des représentations et leurs conversions dans des situations physiques selon l'optique de Duval.

2. Le rôle des représentations :

Duval signale l'importance des représentations pour rendre accessible la perception des objets mathématiques. Le concept de dérivée fait intervenir une variété très

importante de représentations (graphique, algébrique, numérique) qui ne reflètent pas les mêmes aspects du concept.

En effet l'auteur distingue les représentations sémiotiques comme des productions constituées par des signes (énoncés écrits dans le langage naturel, figures géométriques, formules algébriques) et des représentations mentales, c'est à dire « toutes celles qui permettent une vision d'objet en l'absence de tout signifiant perceptible ».

Un système sémiotique est considéré comme étant le registre sémiotique de représentation lorsque ce système permet les trois activités cognitives suivantes Duval (pp. 41-42):

- a) *«La formation d'une représentation identifiable comme une représentation d'un registre donné ;*
- b) *Le traitement d'une représentation est la transformation de cette représentation dans le registre même où elle a été formée. Le traitement est une transformation interne à un registre ;*
- c) *La conversion d'une représentation est la transformation de cette représentation en une représentation d'un autre registre, en conservant la totalité ou une partie seulement du contenu de la représentation initiale. »*

Il nous paraît utile de faire intervenir dans cet article les registres suivants :

- **le registre algébrique** à travers lequel les élèves auront souvent à expliciter symboliquement leurs représentations.
- **le registre graphique** renfermant un tracé de la tangente d'une courbe, une représentation des fonctions de vitesse et une représentation de l'accélération.
- **le registre numérique** : ici les nombres seront souvent présentés sous forme de tableaux.

Les activités cognitives de Duval vont nous servir de grille d'analyse dans les aspects méthodologiques.

➤ ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES :

1. La Population d'étude

Deux sortes de niveaux ont participé à l'enquête (cf. tableau). Le premier correspond à des élèves de deuxième année relevant de la filière scientifique expérimentale de l'enseignement secondaire algérien (âge moyen de 16 à 18 ans) de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (durant l'année 2016/2017).

Cette catégorie d'élèves a appris la notion de vitesse dans le cours de mathématique par la notion de dérivée qui était pris en charge par le curriculum, mais son utilisation dans le cours de physique s'identifie par des approches à savoir graphiques, géométriques et outil informatique par exemple la calculatrice programmable. L'enseignement des matières scientifiques est assuré dans ce cycle en langue arabe avec usage généralisé des **caractères latino-grecs** pour Le second niveau est constitué d'élèves de terminale relevant de la filière scientifique expérimentale de l'enseignement secondaire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (durant l'année 2016/2017).

Pour ce curriculum et dans le contexte des établissements où les questionnaires ont été réalisés, la langue d'enseignement de la physique est l'arabe, mais l'emploi des **caractères latino-grecs** pour la symbolisation est de règle l'expression des formalismes utilisés dans ces matières.

Afin d'éviter les biais de test, chaque échantillon dont l'effectif varie d'une vingtaine à une centaine de sujets, n'est sollicité pour répondre qu'une seule fois au questionnaire proposé

De Landsherre (1982). Pour un niveau donné, l'effectif global indiqué dans le tableau ci-dessous correspond au cumul des effectifs des échantillons engagés.

Niveau d'étude	2 ^{ème} A S*	3 ^{ème} A S*
Effectif Global	450	225

Tableau représentant la structure des populations interrogées

(*) Année d'enseignement secondaire (second cycle)

2. L'instrument de recherche utilisé :

Le choix de la grille inspirée des activités cognitives de Duval est à la fois un moyen pour déterminer la prégnance des représentations et une réponse à nos questionnements. Ainsi, elle nous a permis de réaliser une étude exploratoire consistant en des entretiens avec des effectifs restreints d'élèves pris au hasard et la distribution d'un questionnaire préliminaire que nous ne reprenons pas ici pour des raisons de concision.

Le questionnaire est formulé sous forme de questions fermées assorties de demande de justification. À cet effet, une situation physique relevant de la mécanique a été mise en jeu.

Ce questionnaire a été distribué en grande partie par les auteurs de l'article, le reste ayant été dévolu à des inspecteurs d'éducation préalablement sensibilisés aux exigences du test (anonymat, caractère individuel des productions, exhortation des élèves à justifier les réponses, temps de composition suffisant. (La version originale est en arabe).

3. Hypothèse de recherche :

Partant de nos différents "constats" dans la phase exploratoire de la recherche, nous nous sommes posé la question-problème suivante :

Quel type de stratégie les apprenants opèrent- ils lors du processus de conversion ?

Par extension nous avons émis l'hypothèse de recherche qui suit : Lors du processus de conversion, les apprenants adoptent dans la majorité des cas une

stratégie centrée sur la dimension graphique au détriment des dimensions numérique et algébrique.

Nous nous attellerons donc à tester l'hypothèse suscitée et par ricochet, essayer de répondre à la question-problème posée.

PRINCIPAUX RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

L'analyse des résultats dans la phase exploratoire révèle un penchant prononcé des apprenants de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (durant l'année 2016/2017). Pour la dimension graphique au détriment des deux autres, l'algébrique et la numérique, ce qui est représenté dans les deux tableaux [3] et [4] ci-dessous:

Les Registres de représentation					
Niveau d'étude	N	registre graphique R_G	registre algébrique R_A	registre numérique R_N	Autres
2 ^{ème} AS	22	45.45%	27.27%	18.18%	9.10%

Tableau n°3 Mentionnant le penchant prononcé par des apprenants pour les dimensions (graphiques, algébriques ou numériques).

N : Effectif des apprenants interrogés.

Autres : Rubrique regroupant les cas de non-réponses ou des réponses.

Les résultats précédents montrent que la majorité des répondants au questionnaire (45,45%) manifeste un attachement au registre « graphique » incompatible avec l'algébrique (27,27%) et le numérique (9,10%).

Pour clarifier davantage cette conduite, nous avons étendu l'investigation à un autre niveau d'étude avancé, comme le montre le tableau n° 4

Niveau d'étude	N	Les Registres de représentation			
		registre graphique R_G	registre algébrique R_A	registre numérique R_N	Autres
3 ^{ème} AS	12	66.66%	16.66%	8.34%	8.34%

Tableau n°4 Mentionnant le penchant prononcé par des apprenants pour les dimensions (graphiques, algébriques ou numériques)

N : Effectif des apprenants interrogés.

Autres : Rubrique regroupant les cas de non-réponses ou des réponses.

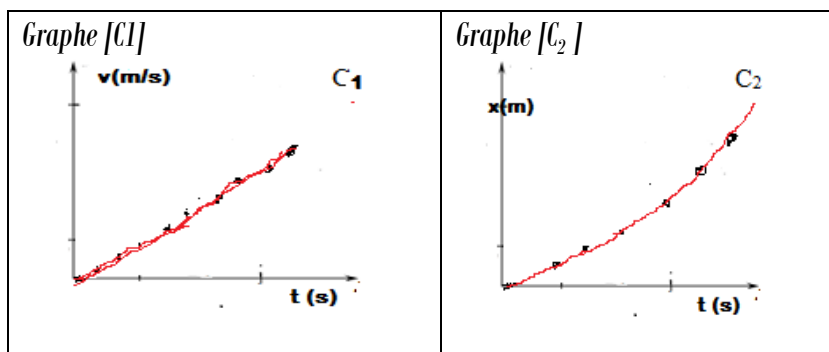
Ces résultats révèlent un penchant des apprenants pour la représentation graphique dans les différents niveaux d'études concernés notamment lorsqu'on passe d'un niveau à un niveau supérieur. Ceci s'explique par l'exploration de quelques conditions pour la visualisation rendues possibles grâce aux activités cognitives de registres de représentations sémiotiques (Duval, 1999). Cet attachement au registre graphique reflète une appréhension globale des images qui sont nécessaires à la coordination des registres. Ces derniers sont essentiels pour la maîtrise du concept de vitesse d'une part et d'autre part parce qu'ils génèrent des difficultés d'apprentissage qui sont également étudiées par (B. Cornu 1983 ; A. Sierpinsky 1985 et C. Castela 1995). Mais certains apprenants ne se contentent que d'une appréhension locale

Partant de ce constat, nous avons soumis les apprenants à la situation physique présentée ci-dessous qui contient un enregistrement d'une situation physique par simulation et à travers laquelle nous essayerons de déterminer leur capacité à convertir la représentation graphique mettant en jeu le concept de vitesse à l'algébrique et à la numérique. Ceci exige d'eux une maîtrise des activités cognitives ou l'apport d'arguments le cas échéant.

Situation schématisant la prégnance des représentations graphiques liées à la notion de vitesse et de leurs conversions chez les apprenants de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

On a enregistré un mouvement d'un mobile à l'aide d'un instrument informatisé et obtenu deux diagrammes :☞

- Diagramme des abscisses en fonction du temps $x(t)$



- Diagramme des vitesses en fonction du temps $v(t)$

Convertissez les deux graphiques C_1 et C_2 en une seule expression algébrique.

Justifiez votre approche ?

☞

.....

.....

Les résultats regroupés dans les deux tableaux [3]et[4] révèlent une réussite des répondants pour la lecture spontanée des graphes et leurs conversions en

expressions algébriques. Cette réussite apparaît dans les différents niveaux d'études concernés notamment lorsqu'on passe d'un niveau à un niveau supérieur.

Ceci nous montre que la perception des apprenants envers l'utilisation du concept mis en jeu évolue au fur et à mesure qu'ils passent d'un niveau à un niveau supérieur.

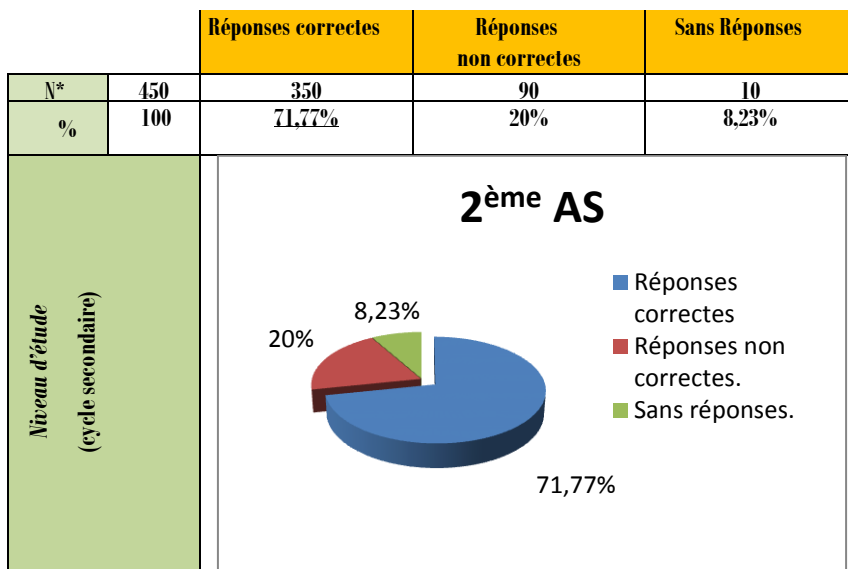


Tableau N°05 : Résultats des conversions de registres de représentation opérées par les apprenants de 2^{ème} AS de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

* : Effectif des élèves interrogés.

** : Rubrique regroupant les cas de non-réponses.

		Réponses correctes	Réponses non correctes	Sans Réponses
N*	225	180	40	5
%	10	80%	17,77%	2,23%

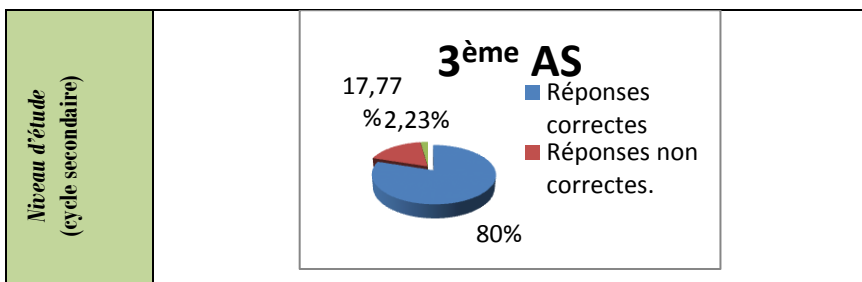


Tableau. N° 06: Résultats des conversions de registres de représentation

Opérées par les apprenants de 3^{ème} AS de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

*** : Effectif des élèves interrogés.**

**** : Rubrique regroupant les cas de non-réponses.**

Réponses globales de la situation.

Les réponses révèlent que la quasi-totalité des apprenants ayant répondu correctement considèrent explicitement que la courbe d'une parabole se voit intuitivement, vu que l'équation d'une parabole ou d'une droite sont apprises dans le cours de mathématique. Il y a donc une correspondance entre le graphique donné et l'algébrique attendu, ce qui représente une activité de conversion par l'intermédiaire d'une activité de traitement. On peut donc citer les propos suivants : « nous avons converti le graphe C_2 en une équation de deuxième degré correspondant à une courbe d'une parabole » (2^{ème} AS). Les réponses incorrectes à la question révèlent l'incapacité visuelle des apprenants à relier les deux graphes et les convertir selon la relation ($v = \frac{dx}{dt}$). Les répondants justifient leur attitude par le fait qu'il y ait une différence entre le graphe C_2 et le graphe C_1 . Ces répondants perçoivent visuellement C_2 comme un tracé d'une fonction, mais la nuance qu'ils voient entre celui-ci et l'expression algébrique obtenue est jugée assez importante pour nécessiter une représentation d'une même

expression de deux représentations différentes. Un répondant exprime ainsi cette nuance :

« On ne peut pas convertir C_1 et C_2 en une seule représentation, C_1 étant une équation d'une droite qui ne peut pas avoir de relation avec C_2 qui représente une équation d'une parabole » (2^{ème} AS).

Au terme de notre enquête, nous pouvons dire que la lecture spontanée des graphes et leurs conversions a fait apparaître chez certains interviewés une incapacité de convertir les différentes représentations selon le cadre de Duval malgré son utilité. Ce cadre décrit en effet certaines difficultés chez les apprenants dans la compréhension et l'apprentissage des concepts mathématiques pour ce qui est de la vitesse. Le cadre définit des conditions nécessaires à sa visualisation (en calcul). Elle est liée à l'utilisation explicite ou implicite du graphique enregistré et à la coordination avec les autres représentations dans un même ou différent registre. Ce que nous avons constaté dans les réponses des interviewés. L'image doit être nécessairement accompagnée d'une appréhension globale. Le cadre permet d'examiner l'utilisation du registre graphique par les apprenants et révèle une difficulté cognitive très élevée de visualisation soutenue par Eisenberg et Dreyfus (1991). En outre, la visualisation est liée à la fonction heuristique des images (Duval, 1999) identifiée avec des méthodes visuelles (Presmeg, 1985).

Ce diagnostic nous intime à recommander une coordination des plus efficace entre les approches d'enseignement en mathématique et en physique pour la visualisation du concept de vitesse.

➤ IMPLICATIONS PÉDAGOGIQUES :

Il est admis qu'un apprentissage harmonieux de la physique doit impliquer une aptitude à assumer tout changement de cadre mathématiques/physiques. Il apparaît donc nécessaire que les apprenants soient initiés au préalable à une

théorie de représentation « minimale » des outils sémiotiques. Celle-ci devrait insister sur les activités cognitives avec la prise en compte des impératifs de stabilité de la représentation des concepts (facilité opératoire, gain de temps, etc.) en rapport avec les exigences de la communication scientifique.

En ce sens, il est souhaitable de porter une attention particulière à la manière dont les enseignants les utilisent. D'ailleurs, l'analyse des savoirs enseignés du point de vue de la théorie des représentations nous est apparue très pertinente ; en effet, des recherches de ce type pourraient nous éclairer sur les difficultés des apprenants liées à l'utilisation des représentations éventuellement induites par l'enseignement. Ainsi, ne faut-il pas penser à un prolongement intéressant qui permettrait de mieux comprendre comment telle approche d'enseignement ou telle autre favoriserait un meilleur usage des représentations.

➤ CONCLUSION :

Les résultats auxquels nous sommes parvenus à travers cette recherche révèlent à la fois la prédominance de la perception graphique chez les apprenants au détriment des deux autres représentations à savoir, l'algébrique et la numérique et leur capacité de convertir. Ce penchant et cette capacité ne peuvent se faire que par référence à un « registre » personnel de correspondance représentations-grandeurs. Cette attitude montre que les représentations sont lues sur la base d'acquis sans prise en compte du contexte institutionnel.

L'attachement à une dimension visuelle s'avère d'une ampleur dépassant le simple niveau de confort de compréhension apparu lors de la conversion d'une représentation vers une autre. Il s'agit d'une conduite incompatible avec la prégnance de la représentation graphique liée au concept mis en cause et pouvant être source de difficultés d'apprentissage de la physique liées à l'utilisation des outils des représentations correspondantes.

La réduction partielle d'une telle conduite à des difficultés liées à l'utilisation des outils sémiotiques constituerait une piste, un éclaircissement plus profond du sujet.

Ces résultats, une fois affinés, suggèrent de réviser les modalités courantes de l'apprentissage d'un objet mathématique en physique et d'accorder une grande importance aux activités permettant de réhabiliter l'outil graphique du langage de la physique ; ces dispositions ne prendraient vraiment à notre avis un sens que lorsque les ambiguïtés entachant le sujet ou la situation-problème proposée soient levées tant sur le plan de la transposition didactique que sur celui de la formation des enseignants de mathématiques et de physique appelés à une coordination plus poussée et plus ciblée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. **CASTELA, C. (1995).** Apprendre avec et contre ses connaissances antérieures. Un exemple concret, celui de la tangente. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol 15, n°1, pp. 7-47. Cauchy, A. L. (1821). *Cours d'Analyse*.
2. **CORNU, B. (1983).** Apprentissage de la notion de limite : conceptions et obstacles. Grenoble: Université Joseph Fourier.
3. **DE LANDSHERE, G. (1982),** Introduction à la recherche en éducation. Armand Colin, Paris, 5^{ème} édition.
4. **DOUADY, R. (1992).** Des apports de la didactique des mathématiques à l'enseignement. *Repères Irem*, n°6.
5. **DUVAL, R. (1993).** Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annale de didactique et de sciences cognitives de l'IREM de Strasbourg*. Vol 5, p. 37-65.
6. **Duval, R. (1999).** Representation, vision and visualization: Cognitive functions in
7. *Mathematical thinking. Basic issues for learning.* In F. Hitt y M. Santos (Eds.), *Proceedings of the 21st North American PME Conference* 1, 3-26.
8. **EISENBERG, T. & DREYFUS, T. (1991).** On the Reluctance to Visualize in Mathematics. *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*. Dans W. Zimmermann & S. Cunningham (Dir.), *Visualization in teaching and learning mathematics*. États-Unis: MAA Series.
9. **MINISTERE DE L'EDUCATION**
Nationale. <http://programmes.educdz.com/Arabe/Accueil.htm> Mathématique, 2^{ème} AS.
Alger, Office National des Publications Scolaires.
10. **Montoya Delgadillo, E. & Vivier, L. (2015).** ETM de la noción de tangente en un ámbito gráfico - Cambios de dominios y de puntos de vista, taller, *Proceedings of CIAEM XIV*, 5-7 June 2015, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
11. **Páez, R. & Vivier, L. (2013).** Teachers' conceptions of tangent line. *The journal of mathematical behavior*, 32, 209-229.
12. **PRESMEG, N. C. (1985).** The role of visually mediated processes in high school mathematics: A classroom investigation. Unpublished Ph.D. dissertation, Cambridge University, England.

13. **Vinner, S.(1989).**The Avoidance of Visual Considerations in Calculus Students. Focus on Learning Problems in Mathematics, 11, 149-156.9-172.
14. **Vivier, L. (2013).** Without derivatives or limits: from visual and geometrical points of view to algebraic methods for identifying tangent lines, International Journal of Mathematic Education in Science and Technology, 44(5), 711-717.
15. **SIERPINSKA, A. (1985) :** « Obstacles épistémologiques relatifs à la notion de limite », dans Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 6, no. 1, 5-67, 1985.
16. **TRUDEL L., PARENT C. & MÉTIOUL, A. (2009).**Démarche, cheminement et stratégies : Une approche en trois phases pour favoriser la compréhension des concepts scientifiques. Revue des sciences de l'éducation, vol. 35, n° 3,p. 14 .
17. **Trudel, L & Métioui, A, (2011).**Favoriser la compréhension des concepts du mouvement rectiligne à vitesse constante à l'aide d'une investigation.....*RDST | N° 4-2011 | pages 83-108.*