

À l'aune des stipulations de l'école de demain, quelle forme pour le discours enseignant ?

MOHAMED BAHRA¹, FATIMA EL ABBASSI², HAFIDA BOUANANI³

¹Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation de Casablanca

²École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique de Mohammedia

³Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation de Safi
Maroc

mohamed.bahra@gmail.com

fatimaelabassi@gmail.com

hfdbouanani7@gmail.com

ABSTRACT

The testing of the scheme inspired and designed from the nomenclature introduced by J.-L. Dessalles relating to notions of 'thematic segmentation', 'representation scenic' proximal function of language 'and' cognitive conflict 'states existence for knowledge covered by the education systems of science and technology, a relationship of cause and effect between the absence of the topic segmentation on this knowledge in the discourse of the noosphere and Development in the vast majority of students of high mathematical content courses and physics, stage performances offset whatsoever to update these knowledge. This discrepancy could be aggravated by the fact that the school of tomorrow is the spatiotemporal variables as control variables in the hands of the teacher. The latter is brought so to articulate his speech around an optimal mobilization of these variables and, based, inter alia, the schema structuring teacher discourse: The knowledge will not stay too long in a static form; the kinesthetic sense of place as an example trapezium and strong argument, become a teaching subject in itself.

KEYWORDS

Proximal function of language, thematic segmentation, representation scenic, cognitive conflict, TIC

RÉSUMÉ

La mise à l'épreuve du schéma, inspiré et conçu à partir de la nomenclature introduite par J.-L. Dessalles, relatives aux notions de 'segmentation thématique', 'représentation scénique', 'fonction proximale du langage' et 'conflit cognitif', stipule l'existence, pour des savoirs visés par les systèmes d'enseignement des sciences et des techniques, d'une relation de cause à effet entre l'absence de la segmentation thématique relative à ces savoirs dans le discours de la noosphère et le développement, au sein de la grande majorité des étudiants des filières à grande teneur mathématique et physique, des représentations scéniques décalées quant à l'actualisation de ces savoirs. Ce décalage pourrait être aggravé par le fait que l'école de demain serait celle des variables spatiotemporelles, comme variables de commande entre les mains du professeur. Ce dernier est amené, alors, à articuler son discours autour d'une mobilisation optimale de ces variables et ce, en s'inspirant, notamment, du schéma de structuration du discours enseignant : Les savoirs ne sauront rester trop longtemps sous une forme statique ; cette acception kinesthésique du trapèze déroulé comme exemple et argument fort, deviendra un objet d'enseignement à part entière.

MOTS-CLÉS

Fonction proximale du langage, segmentation thématique, représentation scénique, conflit cognitif, TIC

INTRODUCTION ET OBJET D'ÉTUDE

En s'autorisant de la nomenclature introduite par Dessalles (2000) dans son essai '*aux origines du langage*' et qui comprend, entre autres notions, celles de '*segmentation thématique*', '*représentation scénique*', '*fonction proximale du langage*' et '*conflit cognitif*', on peut présenter en les termes qui suivent un des rôles que les systèmes d'enseignement des sciences et des techniques se doivent de faire jouer aux TIC, notamment à propos des figures géométriques élémentaires (Bouanani et al., 2012). Ce rôle participe des stipulations de l'école de demain et interpelle le discours de l'enseignant quant à sa forme.

Les TIC permettent de transformer une forme géométrique, aussi simple que le trapèze, d'un objet tout aussi simple et statique en le sténogramme d'une « *segmentation thématique* » de l'espace et d'une « *représentation scénique* » immanente d'une actualisation de cette segmentation en train de s'effectuer. Cette représentation peut se produire chez un destinataire de la segmentation à l'adresse duquel un destinataire produit ou décrit cette dernière : faisant l'objet d'un discours que produit le destinataire, la segmentation thématique met à la disposition de celui-ci des variables de commandes activables par le biais de « *modalités conversationnelles* » et de la mobilisation de « *la fonction proximale du langage* ». L'activation de ces variables permet de provoquer chez le destinataire des doutes, sous forme de « *conflits cognitifs* », sur l'adéquation de sa propre représentation scénique, en constitution, d'actualisations de la segmentation thématique en train de s'effectuer. Pour résoudre ces conflits, le destinataire est contraint de chercher à asseoir cette adéquation sur des bases plus solides.

La présentation ci-dessus participe d'une description normative du rôle que les systèmes d'enseignement des sciences et des techniques se doivent de faire jouer aux TIC. Cette présentation s'impose si une certaine reprise des connaissances relatives aux formes géométriques usuelles s'avère être une entreprise indispensable pour les différents niveaux d'enseignement (Zacharos & Chassapis, 2012).

Cette communication tente d'établir la nécessité épistémologique de cette entreprise. En effet, il s'agit de jauger ces systèmes à travers une analyse du discours qu'ils promeuvent sur ces formes ; et s'il s'avère que la transformation, mentionnée ci-dessus, de ces dernières participe d'un 'déploiement épistémique' de ces mêmes formes et que ce déploiement est un point aveugle de ce discours, alors une restructuration du discours du professeur sur la base de cette description normative serait pleinement justifiée.

Il est patent que la forme du discours du professeur était et reste encore libre de toute contrainte normative qui soit reconnue comme telle par la noosphère. Or, cette situation rendrait ce discours dépourvu de tout schéma régulateur. À ce propos, via l'explicitation de ce 'déploiement épistémique' des formes géométriques élémentaires, le didacticien des sciences et des techniques est en charge de faire des TIC les pourvoyeuses d'arguments forts en faveur de la véracité des deux assertions suivantes :

- a. il existe des caractéristiques formelles auxquelles le discours du professeur sur les formes géométriques élémentaires doit se conformer pour réaliser ce déploiement,
- b. tenir compte de ces caractéristiques emporterait l'adhésion des professeurs eu égard aux apports de ce même déploiement quant aux rapports, personnel, institutionnel et culturel, au savoir sous-jacent Chevallard (1992).

Dans cet article il est question d'apporter des arguments assez forts en faveur de la conclusion suivante :

- ce travail de didactique, voire de macro-didactique, n'est qu'à ses débuts. En effet, ce travail est à réaliser via une reprise des formes géométriques élémentaires à la lumière des possibilités nouvelles que les TIC offrent. Ces possibilités concernent la transformation de ces formes en des sténogrammes de virtualités dynamiques dont la richesse contraste avec la grande pauvreté apparente dans laquelle les pratiques scolaires les a confinées ;
- pour que le déploiement du discours du professeur puisse s'accompagner de l'intelligibilité de son objet pour l'élève, adresse du discours, il est nécessaire que la structure de ce discours s'articule autour des caractéristiques formelles en question.

CADRE THÉORIQUE

Prolégomènes

Nous proposons de donner de tout savoir de type scientifique et technique l'interprétation suivante : *Un savoir scientifique et/ou technique peut se concevoir comme une segmentation thématique sur un espace substrat à laquelle est associée une représentation scénique d'actualisations de cette segmentation en train de s'effectuer.*

Le problème de didactique d'un savoir se concentre alors, tout entier, dans l'adéquation de la représentation scénique que les pratiques scolaires promeuvent à propos d'actualisations de la segmentation thématique en train de s'effectuer, propre à ce savoir. Quand ces pratiques ne font pas de cette adéquation l'objet d'un questionnement assez fort, la segmentation thématique relative au savoir aurait tendance à se cristalliser dans la représentation scénique formée.

En général, l'adéquation de la représentation scénique que l'élève se construit à propos d'actualisations d'une segmentation thématique propre à un savoir ne constitue pas, spontanément, chez lui un faire question propre à l'amener à chercher à affiner cette représentation en vue de l'asseoir sur des bases solides. Et, souvent, cette situation s'avère contreproductive et le professeur se trouve dans l'obligation de chercher à y parer. Pour ce faire, le professeur est amené à mobiliser l'une *des modalités conversationnelles constitutives de la fonction proximale du langage que sont : l'enjeu, le paradoxe et l'événement* (Dessalles 2000).

Éléments pour un schéma de structuration du discours enseignant

Pour établir un schéma de structuration du discours de l'enseignant qui soit adapté à l'interprétation, susmentionnée, que nous donnons du savoir scientifique et/ou technique, nous proposons d'adjoindre aux significations que donne Dessalles à la *segmentation thématique au conflit cognitif et la représentation scénique*, les interprétations suivantes :

Une interprétation possible de la 'segmentation thématique'

La segmentation thématique entre en action quand le fait de considérer qu'un certain agrégat d'objets constitué d'éléments disparates sans liens entre eux devienne contreproductif et qu'il faille trouver une certaine classification de ces objets selon un certain leitmotiv. L'on essaye alors de mettre sur pied une succession de leitmotivs : un leitmotiv n'est intégré à la succession que s'il permet d'augmenter le degré de finesse de la classification. On peut considérer que lorsqu'on arrive à un certain ordre dans cette succession, le degré de finesse de la classification permet une visibilité assez forte de l'agrégat et du tissu de relations qui

existent entre ces éléments. Le leitmotiv de cet ordre est le thème proprement dit, les ordres inférieurs de la succession constituent la trajectoire du thème et le thème du plus grand ordre, le référentiel.

Une interprétation possible du 'conflit cognitif'

Le conflit cognitif entre en action quand une stratégie, une façon de faire, une façon de jouer et de gagner, considérée comme optimale, cesse tout à coup d'être efficace et qu'il faille l'abandonner pour en chercher une autre (Ravanis & Papamichaël, 1995; Ravanis, Papamichaël & Koulaidis, 2002). Le conflit cognitif se traduit chez le sujet par l'adoption par ce dernier d'une attitude réflexive vis-à-vis de la stratégie en portant son attention sur ses points faibles, lesquels ne se sont jamais manifestés auparavant : c'est l'étape de l'évaluation. Ensuite, il remonte aux causes de faiblesse de ces points et imagine, pour chacun d'eux, une situation où la cause n'entraîne pas son effet, c'est l'étape d'abduction. Et, en cas d'échec, il nie la cause : c'est l'étape de la Négation.

Une interprétation possible de la 'représentation scénique'

Le thème, la trajectoire du thème et le référentiel ont comme modèles topologiques, une boule (définie par une frontière déterminant un intérieur et un extérieur), une sériation de ces frontières et un domaine traçant le bord que cette sériation est incapable de déborder. La représentation scénique entre en action quand ce bord se révèle trop restrictif et qu'il faille chercher une sériation le débordant : tout se passerait alors comme si ces modèles topologiques sont plutôt des êtres inaccessibles directement, mais qui laissent des traces sur quelque support ; lesquelles traces trahissent leur présence et leur évolution. Invoquer des traces et un support préfigure, en fait, l'existence d'une carte mentale. Cette carte est le moyen permettant de figurer ces mêmes traces et d'y lire les lieux de séparation, chevauchement, inclusion et proximité de ces mêmes êtres avec les objets idéaux qu'ils sont censés modéliser. Le débordement s'obtient, de manière médiate, dans ces lieux, notamment, en élargissant les lieux de chevauchement, d'inclusion, de proximité, tout en réduisant ceux de séparation.

Schéma de structuration du discours de l'enseignant dans une perspective de rationalisation du recours aux TIC dans l'enseignement

D'après ce qui précède, le schéma de la structuration du discours enseignant devrait se composer de deux volets complémentaires qui se répondent mutuellement : le volet du professeur et le volet de l'élève.

Le volet du professeur associe au déploiement du discours, dont celui-ci est le destinataire, la projection, sur quelque espace substrat, de la segmentation thématique relative au savoir visé ainsi que la mobilisation optimale de la fonction proximale du langage, à travers le recours à *l'enjeu, le paradoxe et/ou l'événement*.

Le volet de l'élève associe l'intelligibilité, pour celui-ci, du discours enseignant, dont il est le destinataire, à sa sensibilité à l'enjeu, au paradoxe et à l'événement, autour desquels le discours enseignant s'articule. Cette sensibilité doit se traduire par le fait d'être sujet à des conflits cognitifs. L'origine de ces conflits doit être attribuée par l'élève lui-même à la non-adéquation probable de la représentation scénique qu'il forme à propos d'actualisations de la segmentation thématique en train de s'effectuer. Il doit alors chercher activement la solution en affinant cette représentation en vue de pouvoir l'asseoir sur des bases plus solides.

S'appuyant sur ce qui précède, nous estimons convenable de sténographier la structuration du discours enseignant par le schéma suivant :

SCHÉMA 1

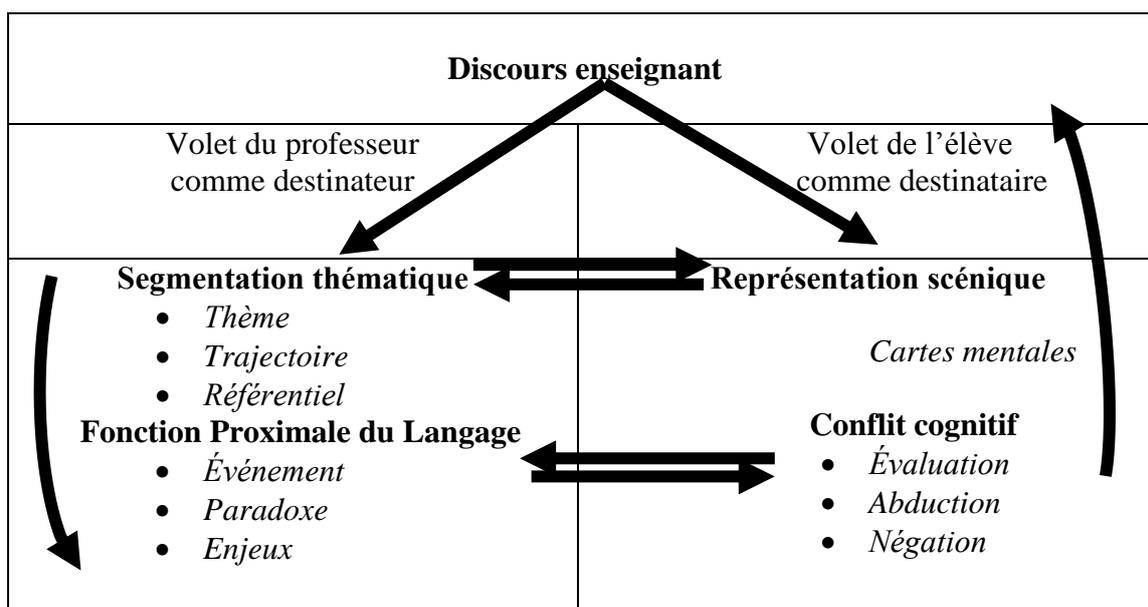


Schéma d'une structuration fonctionnelle du discours enseignant

L'adoption, par nous, de ce schéma nous a été suggérée aussi par les virtualités phénoménologiques de toutes sortes rendues disponibles par les écrans tactiles dédiés à l'enseignement et par les logiciels de géométrie dynamique et les logiciels de simulation etc (Baron, 2007; Laisney, Brandt-Pomares & Ginestié, 2011).

LE SCHÉMA DE STRUCTURATION DU DISCOURS ENSEIGNANT : OUTIL DE DÉPLOIEMENT DES CONSÉQUENCES LOGIQUES DE LA CONSIDÉRATION DU TRAPÈZE COMME DIAGRAMME DES VITESSES D'UN MOBILE

Considérations méthodologiques

Pour mettre à l'épreuve le schéma, que nous proposons ici, en tant qu'il est destiné à servir comme outil d'activation de variables de commandes les TIC, notamment les logiciels de géométrie dynamique, nous estimons convenable de :

- a. s'appuyer sur les possibilités offertes par ces logiciels, quant à la représentation des connaissances, pour spécifier à propos du trapèze :
 - la segmentation thématique induite par cette forme géométrique dans les perpendiculaires à ses bases ainsi qu'une représentation scénique d'une réalisation de cette segmentation en train de s'effectuer ;
 - les variables de commande que le professeur doit mobiliser pour qu'il puisse faire fonctionner cette segmentation et cette représentation ;
 - l'immanence de la mobilisation de ces variables avec la structuration du discours de l'enseignant selon les stipulations du schéma déroulé ci-dessus ;
 - les arguments tendant à établir que la mobilisation de ces variables ne constitue guère l'assise épistémologique des discours qui, via les manuels scolaires passés et actuels, s'adressent à l'élève à propos du trapèze ;

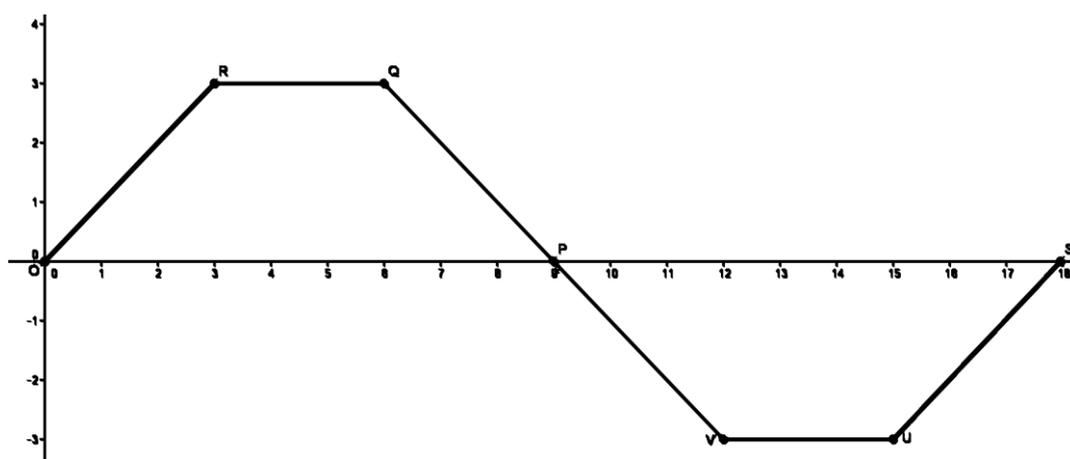
- b. spécifier les performances des étudiants des filières scientifique et technique à grande teneur mathématique qui soient révélatrices d'un rapport idoine de ces étudiants avec la segmentation thématique et la représentation scénique en question ;
- c. de traduire la spécification de ces performances en un test à l'adresse des étudiants des filières en question. Si ce test provoque la rupture du contrat didactique noué par des systèmes didactiques autour de savoirs impliqués dans cette segmentation et représentation, si cette rupture révèle un rapport incongru des étudiants avec ces savoirs alors il y aura lieu de conclure à la nécessité pour ces systèmes de nouer autour du trapèze un contrat didactique qui soit informé de la segmentation thématique et de la représentation scénique en question. Et pour cela, le discours de l'enseignant devrait se conformer aux stipulations des caractéristiques formelles susmentionnées.

Réalisation des stipulations méthodologiques sur le signifié numérique du trapèze

Une segmentation thématique et une représentation scénique induites par le trapèze dans les perpendiculaires à ses bases

La segmentation thématique

FIGURE 1



Segmentation thématique induite par le trapèze : les 2 trapèzes, substrat d'une segmentation de l'axe des ordonnées

Le plan étant doté d'un repère orthonormé $(O ; I ; J)$, considérons la configuration (c) (cf. figure 1) formée de deux trapèzes $OPQR$ et $PSUV$ tels que :

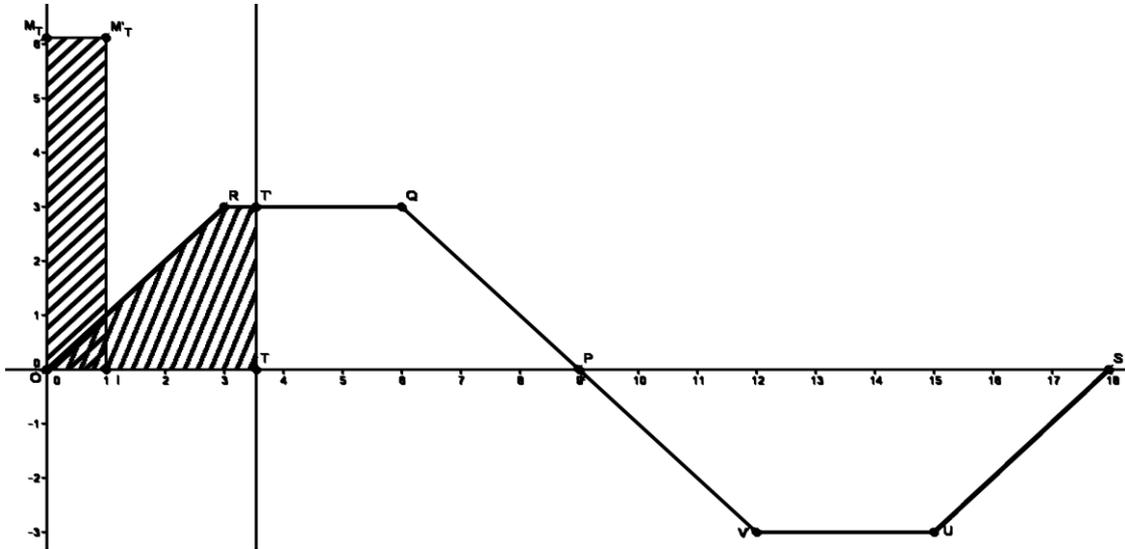
- P est sur la demi-droite $[OI)$;
- $OPQR$ et $PSUV$ sont symétriques par rapport à P avec :
 - S , le symétrique de O par rapport à P ;
 - U le symétrique de R par rapport à P .
 - $[OP]$ et $[PS]$ les grandes bases des deux trapèzes (Figure 2).

Pour tout point T de $[OS]$, la perpendiculaire en T à l'axe des abscisses scinde la configuration (c) en deux polygones :

- Un polygone (p_T) dont un des sommets est O et un polygone (q_T) dont un des sommets est S ;
- Les deux polygones (p_T) et (q_T) possèdent un côté commun $[TT']$.

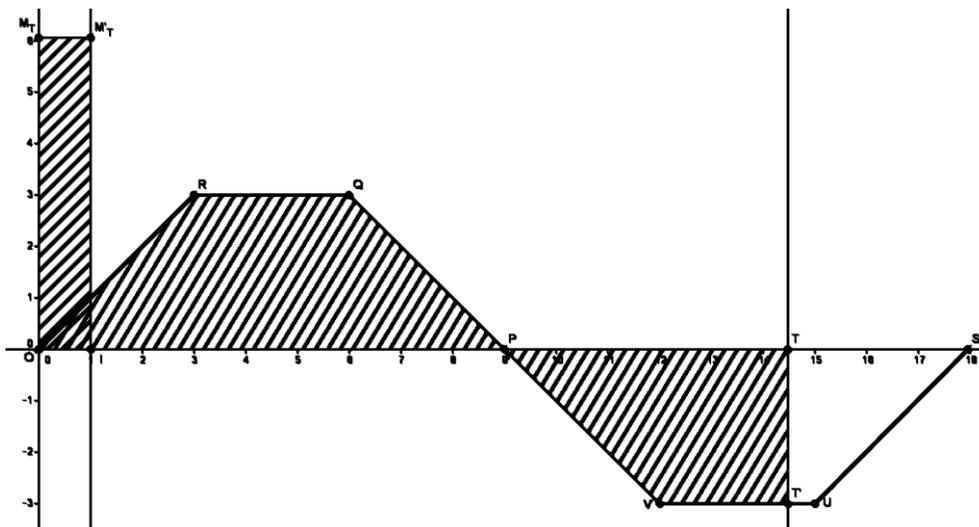
- Quand le polygone (p_T) est entièrement contenu au-dessus de l'axe des abscisses (cf. figure 2), on convient de lui associer le point M_T de l'axe des ordonnées tel que le rectangle de cotés $[OI]$ et $[OM_T]$ ait même aire que ce polygone.

FIGURE 2



Segmentation thématique induite par le trapèze : définition du thème (le point M_T), de la trajectoire, de la frontière et du référentiel du thème (le segment $[OK]$ avec K la position la plus éloignée de O qui est atteinte par le point M_T dans l'axe des ordonnées)

FIGURE 3

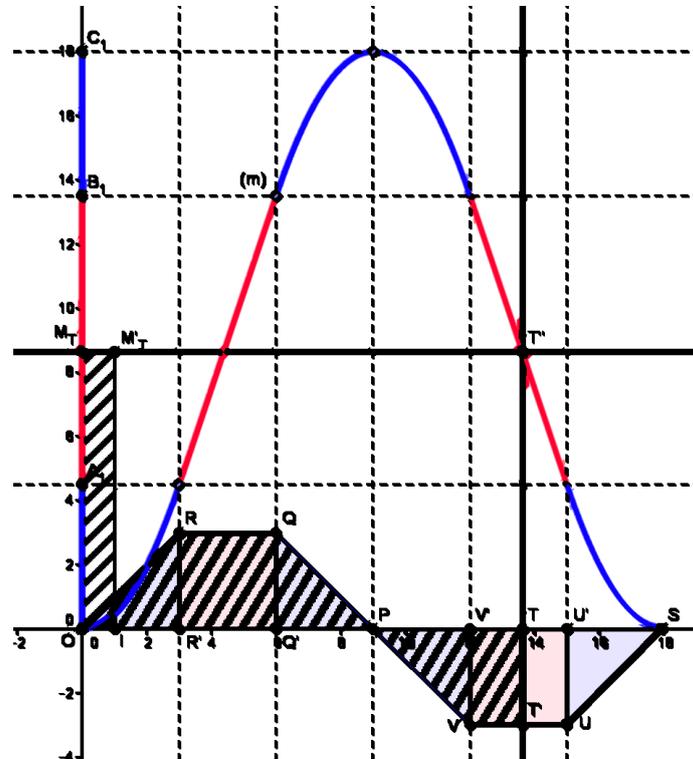


Suite de la segmentation thématique induite par le trapèze : définition du thème (le point M_T), de la trajectoire, de la frontière et du référentiel du thème (le segment $[OK]$ avec K la position la plus éloignée de O qui est atteinte par le point M_T dans l'axe des ordonnées)

- Lorsque le polygone (p_T) admet une partie au-dessus de l'axe des abscisses et une autre au-dessous (cf. figure 3), on convient que le point M_T soit tel que l'aire du rectangle de cotés

[OI] et $[OM_T]$ soit égale au résultat de l'opération qui consiste à soustraire l'aire de la partie du dessous de celle de la partie du dessus.

FIGURE 4



Les 3 segments principaux de la segmentation thématique induite par le trapèze dans l'axe des ordonnées : $[OA_1]$, $[A_1B_1]$ et $[B_1C_1]$ et la courbe via laquelle on peut directement déterminer, pour tout point T, la position du point thème M_T

Lorsque, partant du point O, le point T s'éloigne de ce point pour parcourir le segment [OS] alors :

- le point M_T s'éloigne de O tant que T est dans la base [OP] ;
- le point M_T se rapproche de O, dès que T quitte la base [OP] pour parcourir la base [PS].

Il est évident que si les positions du point T représentent, dans leur succession, l'égrènement des secondes et des fractions de secondes : O étant l'instant zéro, I, la première seconde écoulée, le point d'abscisse 2, la deuxième seconde écoulée etc., alors le point M_T est doté d'une promptitude à s'éloigner puis à se rapprocher du point O qui dépend de la position considérée de T, c'est-à-dire de l'instant considéré.

Cette promptitude est mesurée par la longueur TT' avec :

- Si T est au-dessus de l'axe des abscisses alors TT' mesure la promptitude du point M_T à s'éloigner du point O en l'instant t, t étant l'abscisse de T ;
- Si T est au-dessous de l'axe des abscisses alors TT' mesure la promptitude du point M_T à se rapprocher du point O en l'instant t.

En outre, la droite (TT') et la perpendiculaire en M_T à l'axe des ordonnées se coupent en un point T'' de sorte que :

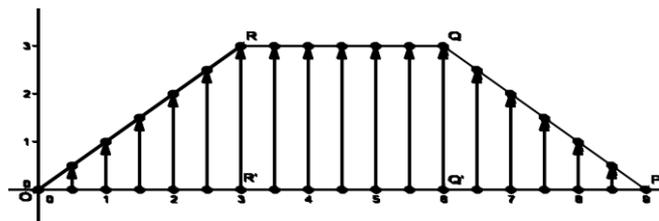
- Quand T parcourt le segment [OS], T'' décrit une courbe (m) telle que :
 - l'axe des abscisses étant considéré axe des temps ;
 - l'axe des ordonnées étant considéré axe des positions M_T d'un point mobile :

le triplet constitué des deux axes et de la courbe (m) constitue le sténogramme de l'historique des positions M_T du point mobile : en effet, pour tout instant t (pris dans l'axe des temps), soit pour tout point T de $[OS]$, il est possible de retrouver, à partir de ce point et via (m), la position M_T du point mobile en cet instant dans l'axe des positions.

- $[Q'V']$ étant la projection orthogonale sur l'axe des temps du segment $[QV]$:
 - quand T parcourt le segment $[Q'V']$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions avec un mouvement analogue à celui d'un corps en chute libre avec vitesse initiale verticale dirigée vers le haut : le mouvement subit un effet de freinage empêchant le point M_T de continuer à s'éloigner du point O pour finir par subir un effet d'accélération le poussant à commencer à s'en rapprocher immédiatement après l'arrêt de l'éloignement. Plus précisément : quand T parcourt le segment $[Q'P]$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions avec un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de sa position de l'instant représenté par le point Q' est proportionnelle au carré du temps mis pour la parcourir.
 - quand T parcourt le segment $[PV']$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions avec un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de sa position de l'instant représenté par le point P est proportionnelle au carré du temps mis pour la parcourir.
 - R' et U' , les projections orthogonales sur l'axe des temps, respectivement, de R et de U :
 - quand T parcourt le segment $[OR']$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions en s'éloignant de O d'un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de O est proportionnelle au carré du temps mis pour la parcourir.
 - quand T parcourt le segment $[R'Q']$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions en s'éloignant de O d'un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de sa position de l'instant représenté par le point R' est proportionnelle au temps mis pour la parcourir.
 - quand T parcourt le segment $[V'U']$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions en se rapprochant de O d'un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de sa position de l'instant représenté par le point V' est proportionnelle au temps mis pour la parcourir.
 - quand T parcourt le segment $[U'S]$, le point M_T parcourt un segment de l'axe des positions en se rapprochant de O d'un mouvement tel que la distance séparant chacune de ses positions successives de sa position de l'instant représenté par le point U' est proportionnelle au carré du temps mis pour la parcourir.

Au total on énumère trois segments dans l'axe des positions parcourus chacun par le point M_T , dans un sens puis dans le sens opposé, en deux mouvements analogues, quand le point T parcourt le segment $[OS]$ on s'identifie au temps (cf. figure 4).

FIGURE 5



Le trapèze, soit la courbe polygonale $ORQP$, comme diagramme des vitesses instantanées d'un point mobile M dans l'axe des ordonnées

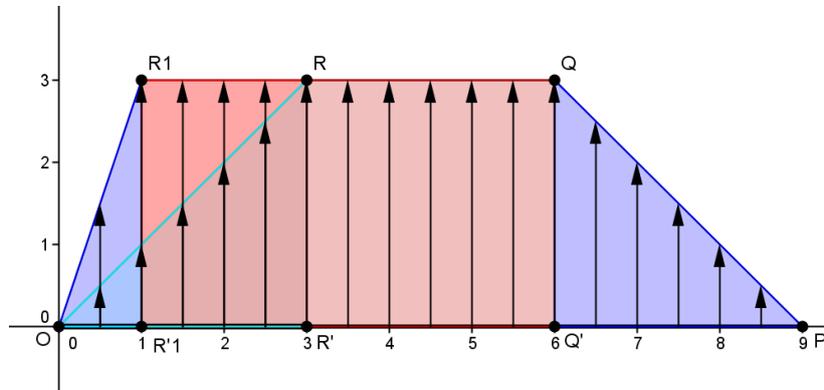
En fait, puisque la fonction numérique de la variable réelle est un cas particulier de fonctions paramétrées, toute courbe représentative d'une telle fonction peut s'interpréter comme étant le sténogramme de l'historique des positions d'un point animé d'un mouvement rectiligne et dont la trajectoire est contenue dans l'axe des ordonnées, l'axe des abscisses étant considéré axe des temps.

Représentation scénique d'une actualisation de la segmentation thématique via une représentation géométrique

La représentation scénique

Le plan est rapporté au repère (O ;I ;J). Ne tenant pas compte de la base [OP], le trapèze OPQR est considéré comme le diagramme des vitesses instantanées d'un point filant dans la demi-droite [OJ]. L'axe des abscisses est alors axe des temps et l'axe des ordonnées axes des positions de ce point (cf. figure 5).

FIGURE 6

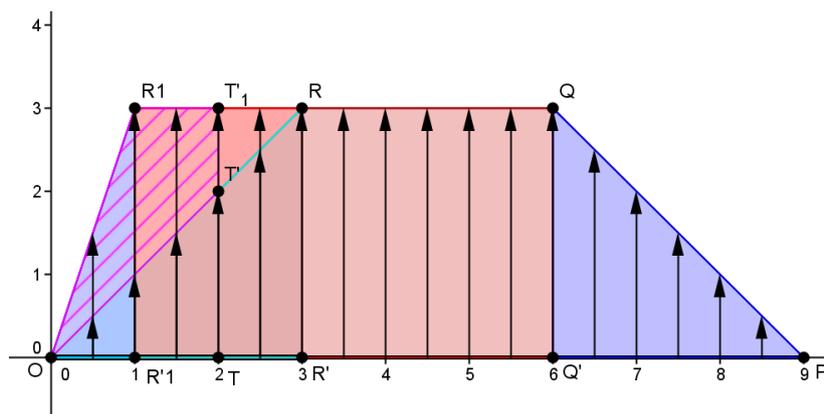


*On considère les points mobiles A et N dans l'axe des ordonnées qui ont respectivement le trapèze ORQP et le trapèze OR₁Q'P comme diagramme des vitesses instantanées.
Comment caractériser le mouvement de N relativement au point A ?*

Ainsi, le mouvement de ce point filant est déclenché à l'instant Zéro. Cet instant est représenté par le point O en tant que ce point est l'origine de l'axe des temps. Sitôt déclenché, ce mouvement subit un effet d'accélération et continue de le subir tout au long de l'intervalle [OR']. Cet effet cesse de s'exercer sur le mouvement immédiatement après l'instant R' et continue de ne plus s'exercer le long de l'intervalle [R'Q']. Le mouvement ne subit pas non plus d'effet de freinage le long de cet intervalle. On peut dire que ce mouvement a atteint sa vitesse de croisière à l'instant R' et garde cette vitesse le long de l'intervalle [R'Q']. Ce n'est qu'à l'instant Q' qu'il commence à subir un effet de freinage et continue de le subir le long de l'intervalle [Q'P]. Cet effet aboutit à l'arrêt du mouvement à l'instant P.

Si on garde inchangé l'intervalle [OP], ces trois phases successives « déclenchement-accélération/vitesse de croisière/freinage-arrêt » du mouvement sont interdépendantes : en translatant de droite à gauche, parallèlement à (OI) et sans atteindre l'axe des ordonnées le sommet R en un point R₁, le nouveau mouvement atteint la même vitesse de croisière que l'ancien pour une phase « déclenchement-accélération » beaucoup plus courte, une phase « vitesse de croisière » beaucoup plus longue et une phase « freinage-arrêt » identique (cf. figure 6).

FIGURE 7



Dans la caractérisation du mouvement du point N relativement au point A, quel rôle peut-on faire jouer polygone OR_1T_1T' ?

Comment alors se représenter dans l'axe des positions les positions mutuelles des deux points filants relatifs aux deux mouvements, celui avant la translation de R et celui d'après ?

Si on considère les positions instantanées du point filant N du nouveau mouvement par rapport au point filant A de l'ancien, N est animé d'un mouvement aux phases suivantes : une phase « déclenchement-accélération » pendant l'intervalle $[OR_1']$, R_1' étant la projection orthogonale de R_1 sur (OI), suivie d'une phase « freinage-arrêt » pendant l'intervalle $[R_1'R']$. L'arrêt survient à l'instant R' et reste en vigueur pendant l'intervalle $[R'P]$. Pendant cet intervalle la distance entre N et A reste invariable.

La représentation géométrique

Considérons le polygone (p_T) présenté dans le paragraphe « considérations méthodologiques » associé au trapèze OPQR dont un des côtés est $[TT']$ et le polygone analogue (p_{T1}) associé au trapèze $OPQR_1$. Notons $[TT_1']$ le côté de (p_{T1}) analogue du côté $[TT']$

Le point T parcourant $[OP]$, le point T' reste dans $[T T_1']$ strictement entre T et T_1' sauf quand T est confondu avec O auquel cas O, T, et T' sont confondus et quand T est confondu avec R' auquel cas T' , T_1' et R sont confondus. Ainsi, quand le point T parcourt $[OP]$, l'aire de (p_T) dépasse celle de (p_{T1}). T partant de O, la différence s'accroît à mesure que T se rapproche de R' et devient constante quand T parcourt $[R'P]$. Ainsi, la variation de cette différence connaît-elle deux phases : une phase de croissance suivie d'une phase de stagnation. Si on conçoit la phase de stagnation comme une phase d'arrêt de la croissance, alors la phase de croissance proprement dite doit comporter une 'section finissante' où cette croissance subit un effet de freinage prélude de cet arrêt et une 'section commençante' où elle subit un effet d'accélération. Deux phases donc pour la croissance de la différence des deux aires : une phase 'déclenchement-accélération' et une phase 'freinage-arrêt'. Ceci nous rappelle l'évolution, susmentionnée, des positions instantanées du point filant N par rapport au point filant A. De fait, à partir de la Figure 7 on peut construire le diagramme des vitesses instantanées du mouvement du point N par rapport au point A.

De la représentation géométrique à l'actualisation de la segmentation thématique

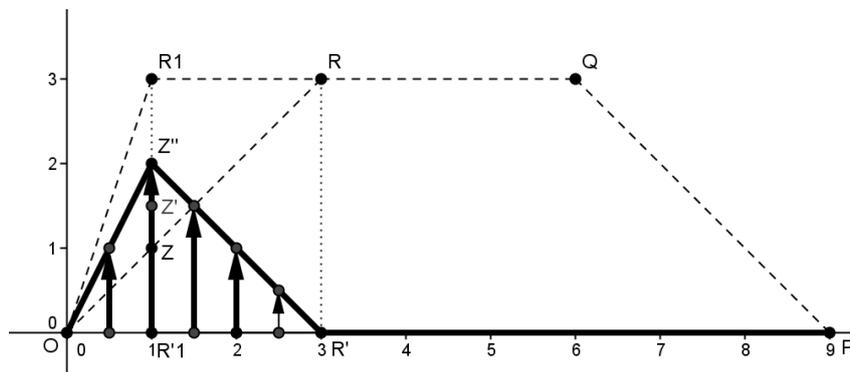
En outre, en supposant que cette accélération et ce freinage, dont il est question ci-dessus, doivent renvoyer à une vitesse instantanée de cette croissance de la différence des aires des polygones (p_T) et (p_1), alors cette vitesse doit connaître trois phases : une phase de croissance, suivie d'une phase de décroissance, cette dernière suivie d'une phase où cette vitesse est nulle. Ces trois phases nous rappellent l'évolution de $T'T_1'$ avec le temps, c'est-à-

dire quand le point T parcourt $[OP]$. $T'T_1'$ exprimerait donc la vitesse instantanée de croissance de la différence des deux aires et dans la Figure 7 nous représentons le digramme de cette vitesse.

De cela, il est convenable de considérer que la mesure algébrique $\overline{TT'}$ exprimerait elle aussi la vitesse instantanée de la croissance de l'aire du polygone (p_T), soit la promptitude instantanée du point M_T défini dans le paragraphe « considérations méthodologiques » à s'éloigner où à se rapprocher du point O.

Ceci fait du chemin ORQVU le diagramme des vitesses instantanées de ce point filant dans l'axe des ordonnées. On se retrouve ainsi avec une actualisation de la segmentation thématique présentée dans le paragraphe « considérations méthodologiques ».

FIGURE 8



Z, point d'intersection de (OR) avec (R'1R1). Z', milieu de [R'1R1]. Z'' est le symétrique de Z par rapport à Z'. La courbe polygonale OZ'R'P est le diagramme des vitesses instantanées avec lesquelles le point N s'éloigne du point A

Événement, paradoxe, enjeux à associer au trapèze comme variables de commande

Événement

Nous avons vu comment les points A et N, présentés ci-dessus, sont tels que N est animé, relativement à A, d'un mouvement qui passe successivement par trois phases : la première est une phase d'accélération, la seconde une phase de freinage et la troisième, une phase d'arrêt. Le changement de régime dans le mouvement qui suit le passage de la première phase à la seconde est un événement, ainsi que le changement qui suit le passage de la seconde phase à la troisième. Voici quelques-unes des questions qui érigent ces événements au niveau de variables de commandes, en ce sens que les poser ou ne pas les poser sont deux valeurs d'une variable de commande puisque l'effet escompté sur le rapport des élèves avec le trapèze en les posant ne saurait être obtenu autrement :

- Dans l'axe des temps, quel point représente l'instant où le premier événement se produit et quel point représente le second ?
- Comment retarder le premier et laisser le second se produire au même instant ?
- Comment hâter le second et garder le même instant de production pour le premier ?

Les questions de ce genre ne sont triviales que d'apparence ; elles mettent en jeu de la relativité : le mouvement du point N par rapport à un point lui aussi en mouvement, en l'occurrence le point A.

Paradoxe

La relativité du mouvement de N par rapport à A fait qu'on peut parler, à propos de ce mouvement, d'une phase de freinage alors que le diagramme des vitesses instantanées de ce point indique une vitesse constante le long de cette phase. On peut aussi parler de phase d'arrêt alors que ce même diagramme indique aussi cette même vitesse constante pendant cette phase. Voici quelques-unes des questions qui érigent ces 'paradoxes' apparents au niveau de variables de commandes ; dans l'axe des temps:

- à partir de quel instant et jusqu'à quel instant le point N dépasse, dans sa course, le point A et continue à s'en éloigner ?
- à partir de quel instant le point A, dans sa course, commence et continue de se rapprocher du point N et à quel instant se rapprochement s'arrête-t-il ? Pendant cet intervalle du temps, quel changement s'est-il produit dans le mouvement de A ou dans celui de N ?

Enjeux

Un des enjeux avec ces diagrammes des vitesses instantanées des points A et N est de trouver le moyen de localiser, pour un instant déterminé, la position de chacun de ces points dans l'axe des ordonnées, axe des positions.

Un autre enjeu est de retrouver dans ces diagrammes l'élément géométrique qui, pour le signifié accélération, est le signifiant ainsi que l'élément géométrique qui, pour le signifié 'freinage', est le signifiant. Notons à ce propos que la pente de (OR_1) est supérieure à la pente de (OR) . Or, le fait que les hauteurs RR' et RR'_1 soient égales et que la durée OR'_1 soit inférieure à la durée OR' cela dénote qu'il faut une durée moindre au point N qu'au point A pour atteindre une même vitesse de croisière. De cela, il est convenable d'en tirer que les pentes en question constituent les signifiants respectifs des accélérations avec lesquelles ces points s'éloignent du point O.

Associer ces enjeux au trapèze ou ne pas les y associer sont deux valeurs d'une variable de commande, plus précisément d'une variable de macro-didactique puisque son activation interpelle tout système d'enseignement.

Exemple de conflits cognitifs à provoquer à propos du trapèze

Les événements, les paradoxes et les enjeux ci-dessus peuvent être exploités comme moyen de créer chez l'élève des conflits cognitifs : l'élève doit faire face à des entités qui semblent, a priori, inconciliables, en ce sens qu'il semble impossible que ces entités soient concomitantes : il s'agit par exemple de croissance et la décroissance (l'aire du polygone (p_T) est croissante avec le temps mais d'une croissance qui s'effectue à une vitesse instantanée qui elle peut être décroissante rendant concomitants la croissance et la décroissance)...

MÉTHODOLOGIE ET PREMIERS RÉSULTATS***Question fondamentale de la recherche***

Dans cette partie il s'agit de la réalisation des stipulations méthodologiques énumérées dans le paragraphe précédent sur le rapport des étudiants avec le signifié numérique du trapèze (ou courbe polygonale sous forme de trapèze). Nous nous interrogeons en particulier sur le rapport des étudiants avec les courbes représentatives des fonctions numériques de la variable réelle. Il est donc question d'établir que le discours déroulé le long du paragraphe 3 à propos du trapèze est l'unique moyen de parer à la formation chez des étudiants d'une représentation scénique erronée à propos de ces courbes : dans cette représentation il y aurait dissociation entre ces courbes et la modélisation de mouvements rectilignes. Ces étudiants seraient

incapables de distinguer les contextes où cette modélisation est mobilisée. Or, il suffit de considérer le trapèze comme diagramme des vitesses instantanées d'un point du plan animé d'un mouvement rectiligne pour que s'impose, comme particulièrement opportune et judicieuse, la recherche du moyen de localiser ce point en chaque instant. Le plan étant doté d'un repère orthonormé, l'on considère alors que l'axe des abscisses est axe des temps et l'axe des ordonnées est le support de la trajectoire du point, reste à chercher la courbe caractéristique du mouvement du point, laquelle courbe permet la localisation du point pour chaque instant considéré.

Considérons la question suivante : Est-il nécessaire, pour les systèmes d'enseignement des sciences et des techniques, de faire des deux segmentations thématiques du Trapèze, et de cette représentation scénique kinesthésique qui leur sont associées, des objets d'enseignement à part entière (i.e., des connaissances officiellement exigibles de tout Bachelier ?).

Nous voyons en cette élévation de ces deux segmentations thématiques et de cette représentation scénique au rang d'objets d'enseignement, l'élévation de la forme géométrique 'trapèze' au rang d'un signe selon la définition que donne du signe Gilles-Gaston Granger (2003).

Existe-t-il des arguments assez forts en faveur d'une réponse par l'affirmative à cette question ?

Le plan étant rapporté à un repère orthonormé, un de ces arguments consiste à envisager des situations-problèmes dont la solution consiste à interpréter:

- l'axe des abscisses comme axe des temps ;
- l'axe des ordonnées comme trajectoire de points animés de mouvements rectilignes ;
- les courbes représentatives de fonctions numériques de la variable réelle comme ressortissant du procédé qui consiste à localiser, pour des instants déterminés, les positions, en ces instants, des points en question : une de ces courbes (C) étant donnée, tout point T de l'axe des abscisses, pied de la perpendiculaire à cet axe issue d'un point Q_T de (C), renvoie à la projection orthogonale de Q_T sur l'axe des ordonnées. À l'instant x_T , P_T est la position du point animé du mouvement rectiligne dont (C) est la caractéristique.

Nous considérons qu'il est un argument fort, en faveur d'une réponse par l'affirmative à la question fondamentale, le fait que, dans un système d'enseignement des sciences et des techniques, une proportion importante d'étudiants des sections à forte teneur mathématique s'avère être incapable de reconnaître le contexte où cette interprétation s'impose.

D'où le test ci-après que nous avons conçu à l'adresse des étudiants de divers établissements de l'enseignement supérieur au Maroc. Il s'agit d'un test capable de susciter, de la part des étudiants, trois réponses dont une seule est une bonne. Les deux réponses fausses constituent le moyen de révéler, si tel est le cas, que le contrat didactique noué autour de la fonction numérique de la variable réelle dissocie cette notion de toute modélisation de mouvements rectilignes. Par contre, s'il s'avère que la fréquence de l'apparition chez les étudiants testés de la bonne réponse augmente avec l'augmentation du nombre d'années d'études effectuées par les étudiants testés après le Bac, on ne peut retenir l'hypothèse d'un contrat didactique allant dans le sens de cette dissociation. Il s'agit donc d'étudier la distribution des fréquences selon le nombre d'années d'étude après le Bac pour chacune des trois réponses.

Population de la recherche

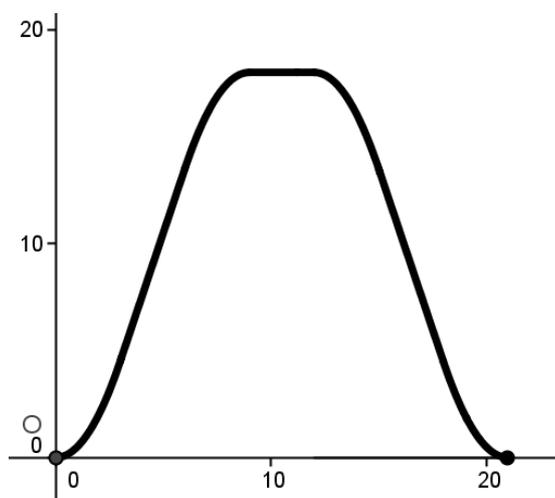
118 étudiantes et étudiants, tous bacheliers scientifiques, ont passé le test. Voici la liste des filières (Bac + n) et institutions d'affiliation concernées ainsi que le nombre des étudiants et

étudiantes dans chacune de ces filières. Il s'agit des promotions de l'année universitaire 2012-2013:

- 18 (Bac+1) : Bacheliers es sciences en première année de formation pour l'obtention du Brevet de Technicien Spécialisé en Matière Plastique et Composite à l'ENSET de Rabat ;
- 23 (Bac+2) : Bacheliers es sciences en 2^{ième} année de formation à l'ENSET de Casablanca pour l'obtention du Brevet de Technicien Spécialisé en Electronique Industrielle;
- 22 (Bac+3) : élèves-professeurs en formation à l'enseignement des mathématiques au collège dans le Centre Pédagogique Régional de Safi (Maroc), titulaires du Diplôme de l'Enseignement Universitaire Général en Mathématique Physique
- 27 (Bac+4) licenciés es physique et/ou chimie en formation préparatoire pour le Certificat d'Aptitude Professionnelle à l'Enseignement Secondaire de physique-chimie à l'ENSET de Rabat (officiellement Bac+5, à considérer, relativement au programme des mathématiques);
- 28 (Bac+ 5) : licenciés es mathématiques en formation préparatoire pour le Certificat d'Aptitude Professionnelle à l'Enseignement Secondaire en mathématique à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique de Casablanca (Maroc).

Énoncé du test et questions/réponses

FIGURE 9



Si le schéma modélise l'historique du mouvement d'un point animé d'un mouvement rectiligne quelles phases ce mouvement peut-il comporter et pourquoi ?

Le schéma en figure 9 est censé représenter le parcours d'un automobiliste qui, après s'être arrêté et garé sa voiture dans le bas-côté d'une route (une cachette), il a redémarré sa voiture et repris sa route. Après avoir atteint sa vitesse de croisière, il a observé devant lui, à quelque centaines de mètres, un obstacle (par exemple, un policier qui lui fait signe de s'arrêter). Il ralentit, pour enfin s'arrêter au niveau de cet obstacle. Après un arrêt qui a duré quelque temps, il fit demi-tour pour rejoindre sa cachette.

Est-ce que le schéma représente effectivement ce qu'il est censé représenter ? Sinon pourquoi ? Si oui, où placeriez-vous l'obstacle (mettre une croix dans le schéma sur la position choisie et justifiez votre réponse) ?

Les trois réponses attendues des étudiants et analyse à priori de ces réponses

Nous nous attendons à ce que :

- la quasi-totalité des étudiants testés déclarent que le schéma peut représenter le parcours en question ;
- parmi les étudiants pour qui le schéma représente le parcours :
 - certains désigneront, comme étant le point représentant l'emplacement du policier, le milieu du segment (s) rassemblant les points de la courbe dont la distance à l'axe des abscisses est la plus grande (cf. figure 10). Nous désignons cette réponse par la réponse **R1**;
 - certains autres désigneront, comme étant le point représentant l'emplacement du policier, un point dans la courbe hors le segment (s), un ou l'autre des points désignés par une croix dans la figure 11. Nous désignons cette réponse par la réponse **R2**;
 - les autres désigneront comme emplacement du policier le point S désigné par une croix dans la figure 12. S est la projection orthogonale du segment (s) sur l'axe des ordonnées (cf. figure 12). Nous désignons cette réponse par la réponse **R3**.

Pour les étudiants ayant donné comme réponse à la question du test la réponse R1 ou la réponse R2, la courbe est la trajectoire du mobile. Or, si on veut que le schéma soit le sténogramme du compte rendu complet du parcours décrit dans l'énoncé du test, et compte tenu de l'arrêt pendant une durée non nulle du mobile avant qu'il ne rebrousse chemin, alors rien ne peut justifier le choix d'un point de la courbe comme emplacement de l'obstacle.

Ainsi, si, pour qu'elle soit bonne, la réponse doit être univoque alors les réponses R1 et R2 sont des réponses erronées. Répondre par l'une d'elles dénote une conception de la fonction numérique de la variable réelle qui tient hors de son champ le fait que cette notion puisse modéliser des mouvements rectilignes. Rappelons à ce propos que les courbes C_f représentatives de telles fonctions f sont des courbes caractéristiques de tels mouvements quand l'axe des abscisses est considéré axe des temps, l'axe des ordonnées, axe des positions instantanées du point mobile et la correspondance qui à tout point $T(t,0)$ fait correspondre le point $M(0,f(t))$, via le point $N(t,f(t))$, t appartenant à l'ensemble de définition de f et désignant un instant, comme participant du procédé de localisation de ce point mobile qui n'est autre que le point $M(0,f(t))$.

Ainsi, ceux, parmi les étudiants testés, qui répondent à la question du test par la réponse R1 ont une conception de la notion de la fonction numérique de la variable réelle qui peut être décrite comme suit : ces étudiants auraient l'habitude d'un traitement décontextualisé de fonctions numériques où celles-ci, données sous forme d'expressions analytiques, voient leurs courbes représentatives apparaître comme le résultat d'un calcul qui n'est suivi d'aucune interprétation. Placés subitement dans le contexte où il est nécessaire d'interpréter une de ces courbes, sans passer par ces expressions, ces étudiants ont dû prêter à l'auteur du test une intentionnalité, voire une croyance : celle considérant le point de la courbe dont l'ordonnée est le maximum de la fonction comme le point unique auquel on peut faire jouer le rôle de l'emplacement de l'obstacle. De sorte que, pour ces étudiants, si jamais cette croyance s'avère être fautive alors cette fausseté ne leur incombe pas. Il incombe à l'auteur du test.

La réponse par R1 est donc l'acte à travers lequel la rupture du contrat didactique (Brousseau, 1980, 1990) noué autour de la fonction numérique de la variable réelle se manifeste. En effet, si dans la distribution dans cette réponse des pourcentages, selon le

nombre d'années d'études effectuées après le Bac, ne diminue pas à mesure que l'on s'élève dans le nombre de ces années alors cette distribution exprime la rupture du contrat en question. Il en est de même pour la distribution de ces mêmes pourcentages dans la réponse R2.

Seule une distribution dans la réponse R3 qui voit le pourcentage des étudiants ayant effectué un certain nombre d'années d'étude après le Bac augmenter avec ce nombre confirme le développement chez les étudiants d'une conception de la fonction numérique de la variable réelle qui intègre dans son domaine de validité le fait que celle-ci pourvoie la physique de modèles de mouvements rectilignes dont celui des corps en chute libre sans vitesse initiale.

Cette analyse a priori montre l'importance que revêt l'interprétation que nous donnions du trapèze, le long de cet article.

Les premiers résultats recueillis

Voici rassemblés dans un tableau les résultats du test :

TABLEAU
Récapitulatif des résultats du test

| Filières | Niveau | Établissement | Nombre d'étudiants | Nombre et pourcentage des réponses R3 |
|---------------|---------|---------------|--------------------|---------------------------------------|
| BTS/P.C. | Bac + 1 | ENSET /Casa | 18 | 0 (0 %) |
| BTS/ E.I. | Bac + 2 | ENSET / Casa | 23 | 0 (0 %) |
| CAPES/ Math. | Bac + 5 | ENSET / Casa | 28 | 0 (0 %) |
| CAPES/P.C. | Bac + 4 | ENSET/Rabat | 27 | 0 (0 %) |
| DEUG/Sciences | Bac + 3 | CPR/Safi | 22 | 1 (4,5 %) |
| Total | | | 118 | 1 (0,84 %) |

Si on retire des résultats recueillis l'unique cas qui a répondu par R3, le pourcentage, pour chacun des nombres (1, 2, 3, 4 et 5) d'années effectuées après le bac, est de 0% pour cette réponse. Ces distributions des pourcentages dans chacune des trois réponses sont inhérentes à la rupture des contrats didactiques successifs que les systèmes didactiques, dont les étudiants testés étaient membres, avaient noués autour de la notion de fonction numérique de la variable réelle. Cette rupture révèle que le système marocain d'enseignement des sciences et des techniques serait un système qui promeut une conception de cette notion incompatible avec sa nature de pourvoyeuses de modèles de mouvements rectilignes.

CONCLUSION

Nous concluons en insistant sur le fait que l'école de demain sera celle des variables spatiotemporelles comme variables de commande entre les mains du professeur et nous recommandons aux professeurs de commencer, dès maintenant, à s'habituer à articuler leur discours autour d'une mobilisation optimale de ces variables. Pour ce faire il serait nécessaire d'adopter le schéma de structuration du discours enseignant que nous avons présenté dans la première partie de ce travail. Même en restreignant son application à l'adoption par les pratiques didactiques de discours sur le trapèze similaires à celui déroulé dans ce travail l'importance de ce schéma reste considérable. En effet, pris avec son renvoi à l'étude qui vient d'en être faite, à la nature du test passé aux étudiants et aux résultats qui y sont enregistrés, le trapèze ne saurait rester trop longtemps encore sous cette forme statique

dissocié du diagramme des vitesses instantanées d'un mobile animé d'un mouvement rectiligne. Dérouler à propos du trapèze de tels discours peut s'avérer être la condition sine qua non d'élever la fonction numérique de la variable réelle au niveau du concept pourvoyeur de modèles de ce mouvement. Aussi pourrions-nous avancer qu'à terme, cette acception kinesthésique du trapèze deviendra un objet d'enseignement à part entière, en ce sens que les systèmes d'enseignement des sciences et des techniques seront contraints de considérer l'accélération, prise avec son renvoi à une force ayant un effet accélérateur ou un effet frein sur le mouvement ascendant ou descendant d'un point mobile, la vitesse instantanée, le procédé de localisation de ce point et la modélisation, qui en découle, du mouvement du projectile, tous ces éléments se constitueront en un système d'objets de savoir à institutionnaliser comme tel dès le collège, voire dès le primaire. Ce système devrait aussi participer des prolégomènes nécessaires du calcul différentiel et intégral ainsi que de la caractérisation du mouvement des corps en chute libre.

RÉFÉRENCES

- Baouanani, H., Bahra, M., Achtaich, N., & Talbi, M. (2012). Fonction numérique de la variable réelle via un usage des TICE. *Revue MathémaTICE*. Retrieved from <http://revue.sesamath.net/spip.php?article431>.
- Baron, G.-L. (2007). Informatique, environnements et ressources informatisés dans l'enseignement obligatoire : points de repère sur la France. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(1), 5-23.
- Brousseau, G. (1980). L'échec et le Contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique et le concept de milieu: Dévolution. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.
- Chevallard, Y. (1992) Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73-112.
- Dessalles, J.-L. (2000). *Aux origines du langage*. Paris: Hermès Science.
- Granger, G.-G. (2003). *Philosophie, langage, science*. Les Ulis, Paris: EDP Sciences.
- Laisney, P., Brandt-Pomares, P., & Ginestié, J. (2011). Influence de l'ordinateur sur l'activité d'enseignement. Le cas d'une situation en Technologie au collège. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 9-26.
- Ravanis, K., & Papamichaël, Y. (1995). Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentation spontanée des élèves pour la propagation de la lumière. *Didaskalia*, 7, 43-61.
- Ravanis, K., Papamichaël, Y., & Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: the conception of light for ten-year old children. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
- Zacharos, K., & Chassapis D. (2012). Teaching suggestions for the measurement of area in Elementary School. Measurement tools and measurement strategies. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 41-62.