

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques :
enjeux et perspectives pour leur enseignement
et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015



UTILISATION DES TABLETTES DANS DES ACTIVITÉS MATHÉMATIQUES : EXEMPLE ACTIVITÉS DE GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE APPLICATION : GEOGEBRA

My-Lhassan RIOUCH*

Résumé : Dans cette contribution, on s'intéresse à l'introduction de la tablette dans l'enseignement des mathématiques et à son apport dans l'enrichissement du milieu d'apprentissage des élèves. La tablette est utilisée pour concevoir des situations favorisant les interactions entre les élèves et le travail de groupe. Nous limitons notre étude à l'application GeoGebra sur tablette pour concevoir des situations de géométrie dynamique permettant de construire de nouveaux savoirs et résoudre certains problèmes mathématiques. La tablette est un outil qui favorise la communication, la collaboration et l'échange de données (Josef & Dollaire 2015). Elle permet de concevoir des situations permettant de conceptualiser les notions mathématiques et donner du sens aux savoirs. Elle permet aussi d'expérimenter et de modéliser des problèmes mathématiques.

Dans notre étude, on s'intéresse à la conception des nouvelles ressources numériques sur tablette et à la genèse instrumentale des outils : tablette et applications et à leurs apports sur l'apprentissage des mathématiques. On essaye d'enrichir cette étude par la description de quelques exemples en s'intéressant aux interactions sujet- milieu et à la gestion de notre espace de travail géométrique et ses différentes composantes.

Mots-clefs : tablette, géométrie dynamique, application Geogebra, genèse instrumentale, problème mathématique, espace de travail mathématique, ressources numériques.

I. INTRODUCTION – CONTEXTE

Selon plusieurs études récentes, l'introduction des tablettes en classe présente des avantages tels que : la facilité d'utilisation, la motivation des élèves, l'autonomie de l'élève, la collaboration élève-élève et élève-enseignant, le travail collectif et le développement de nouvelles compétences technologiques Karsenti et Fievez (2013). L'apparition de nouveaux outils technologiques et de nouveaux espaces d'apprentissages et de formations telles que les plates formes de formation à distance et le M-Learning : apprentissage par mobile, importeront des changements sur la façon d'enseigner et de se former et imposeront des défis sur l'enseignement de demain. Plusieurs universités et centres de recherches expérimentent les tablettes comme par exemples :

- Sommet de l'IPad et du numérique en éducation (université Montréal Canada 2013-2014).

* Délégation Meknès Tafilalt MEN Maroc - Maroc – riouchmymath@hotmail.com

- Apprentissage avec les technologies mobiles opportunités et déficit pour moderniser l'école marocaine (université Alakhawayn Maroc 2015).

L'instrumentalisation des outils tablette et applications et la conception de nouvelles ressources et leurs mise en œuvre n'est pas une affaire simple pour les enseignants et nécessitent des recherches au niveau didactique et pédagogique. Le changement de l'environnement de travail, l'assimilation et l'adaptation des nouvelles technologies au contexte scolaire nécessitent des innovations en pédagogie.

« La technologie à l'école sera nouvelle si la pédagogie qui l'emploi est nouvelle » (Bibeau 2007)

Au Maroc, malgré les efforts considérables de l'état pour l'équipement des établissements (programme génie 2006-2013) et les programmes de formation continue du plan d'urgence de 2009 sur les ressources numériques et sur le logiciel cabri II plus, on constate que la majorité des enseignants des mathématiques hésitent encore à introduire la technologie dans leurs pratiques quotidiennes de classe. Actuellement, quelques enseignants commencent à utiliser la tablette en classe malgré le manque de vision et de formation sur cet outil. Notre point de vue est de diriger les réflexions vers les usages possibles de cet outil et de faire des expérimentations sur des situations similaires et proches de celle déjà vu sur PC et conçus par les logiciels Cabri ou Geogebra. En général toute expérience antérieure avec un outil augmente la capacité d'utilisation avec un outil similaire (Sabra & Trouche 2008). La familiarisation avec les outils et l'expérience accumulée facilitent l'instrumentalisation, l'acceptabilité et l'adaptabilité de nouveau outils.

L'objectif de notre étude est de concevoir des situations permettant l'éclaircissement du processus de la genèse instrumentale de ces outils : tablette et application Geogebra. On essaye d'enrichir cette étude par la description de quelques exemples en se basant sur des modèles théoriques existants concernant la géométrie dynamique et son espace de travail géométrique (ETG) (Coutat & Richard 2011). Dans certaines situations, la manipulation des objets géométriques, le déplacement et la visualisation des traces et des lieux ne peuvent se faire que par le biais des logiciels de géométrie dynamique comme par exemple Geogebra, Cabri II plus, Math graphe. Le déplacement, l'ajustement des positions et le changement des paramètres facilitent l'émergence des conjectures et l'exploitation des propriétés géométriques dans la preuve. Dans ce contexte nous citons l'exemple des situations de déplacement conçu par Coutat (2006) dans le cadre de la géométrie dynamique ou l'ajustement permet la conceptualisation des propriétés géométriques du parallélogramme et nous inspirons de cette recherche pour créer d'autres situations de déplacement en intégrant l'application Geogebra sur tablette. La mise au point des relations et des interactions entre la genèse instrumentale et les deux autres genèses sémiotique et discursive permet à l'enseignant d'organiser l'espace de travail et de gérer l'activité cognitive de l'élève. Il est donc pertinent de poursuivre les recherches sur la géométrie dynamique et de bénéficier des expériences et du cumul des recherches sur ce sujet. Le passage du travail sur papier-crayon vers la tablette nécessite la gestion rationnelle de l'environnement de travail et la gestion de la classe au niveau pédagogique et didactique. Il est important aussi de rappeler que ce ne sont ni la tablette, ni ses applications qui favoriseront la réussite des élèves, mais bien le bon usage qui en sera fait par les enseignants et par les élèves. En fait, la tablette tactile n'aura sa place en classe que si elle participe à l'atteinte des objectifs de l'enseignement des mathématiques. Nous prévoyons que la tablette et ses applications permettront à l'enseignant de renouveler et compléter son espace de travail mathématique et de diversifier ses méthodes de travail en classe ou hors classe.

II. PROBLEMATIQUE

L'introduction d'un nouvel outil technologique dans la classe n'est pas une affaire simple surtout pour les enseignants qui n'ont pas d'expérience suffisante dans la manipulation de la technologie et qui résistent encore à son utilisation. Les renouvellements de la technologie posent des difficultés de choix, de différenciation entre les fonctionnalités et les usages possibles. Le processus d'appropriation et d'expérimentation d'un outil et sa mobilisation au service de l'activité mathématique demande plus de temps (Aldon et al, 2008) et il n'est pas le même pour tous les enseignants et pour tous élèves vu leurs expériences et leurs représentations. La complexité de conception des situations intégrant la technologie est liée à la prise en main des outils technologiques, à l'instrumentalisation des outils et à la scénarisation des activités pour organiser le temps et l'espace de travail et mettre en œuvre la situation (Trouche 2005).

Comme enseignant innovant en TICE primé au concours des enseignants du Maroc catégorie scénarisation pédagogique j'ai travaillé avec l'équipe d'inspection d'Elhajeb sur l'introduction en classe des logiciels de géométrie dynamique Geoplan, Geogebra et Cabri ainsi que sur la production et l'expérimentation de quelques ressources numériques. Actuellement avec l'apparition des tablettes, je consacre ma recherche à l'étude de l'application Geogebra sur tablette. Le but principal est de concevoir des situations d'apprentissage dans lesquelles la genèse instrumentale des artefacts tablette et son application Geogebra permet d'exécuter un ensemble de tâches et d'utiliser les différents registres géométrique, numérique, figural, symbolique, graphique et algébrique pour comprendre le processus de conceptualisation des notions mathématiques. En effet la compréhension et la maîtrise d'un concept mathématique nécessite l'articulation et la complémentarité de plusieurs registres sémiotiques (Duval 1993). Dans ce contexte nous allons traiter dans l'exemple de l'activité 1 conçu pour les élèves du tronc commun science la première année du lycée marocain (âge 15-16ans) le concept monotonie d'une fonction. L'activité proposée utilise le registre figural pour l'introduction de la notion et introduit d'autres registres pour la conceptualisation. La genèse instrumentale des différents outils de l'application nous permet de traiter et de transformer les informations à l'intérieur d'un registre ou de passer progressivement d'un registre à l'autre, La conversion de registres permet d'introduire et comprendre le concept d'une fonction strictement croissante ou décroissante.

$$((\forall x \in I, \forall y \in I) : x < y \Rightarrow f(x) < f(y)), \text{ ou } ((\forall x \in I, \forall y \in I) : x < y \Rightarrow g(x) > g(y))$$

Dans l'exemple de l'activité 2, on vise les élèves des premières années du collège (âge 12-13ans) et la partie du programme concernant les définitions et les propriétés caractéristiques des différentes droites sur le triangle : médiatrice, médiane, bissectrice, hauteur. L'ingénierie didactique de cette situation est constituée de deux phases.

Première phase : Nous avons produit une ressource numérique sous forme d'une animation englobant tous les acquis des élèves concernant les droites usuelles du triangle. Elle sera à leurs disponibilités avant et durant l'activité. Son but c'est d'interagir avec son contenu pour rappeler et renforcer tous les acquis et créer des discussions en classe ou hors classe. Nous essayons de créer un environnement permettant l'auto évaluation des acquis des élèves et de rendre leur travail collaboratif en leur laissant une part d'autonomie. Notre ressource est en phase d'expérimentation, son utilisation induira des changements pour améliorer sa qualité et son ergonomie.

Deuxième phase : nous avons conçu une situation permettant de découvrir l'existence du cercle circonscrit et inscrit du triangle puis donner la preuve. Puis une autre situation

problème dont la résolution nécessite la mobilisation des savoirs et des savoirs faire de l'élève. Le travail se fera en petit groupe pour expérimenter et discuter les conjectures et proposer les preuves. L'application Geogebra permettra de tracer facilement les figures et faire des essais pour vérifier et expérimenter une solution. Le groupe peut revenir à chaque fois l'environnement papier/crayon pour rédiger le raisonnement et la rédaction des solutions. Le problème posé à la nature d'un problème ouvert qui a plusieurs solutions et qui nécessite un travail collaboratif des élèves.

Le travail sur l'environnement tablette favorisera l'interaction et la discussion entre les groupes et permettra d'échanger les écrans des tablettes ou d'afficher la réponse d'un groupe sur l'écran de classe. Nous revenons ici au travail déjà fait sur TI-Navigateur et le travail en réseaux (Hivon, 2008) pour diffuser le travail des groupes. Le travail avec les tablettes en groupes en classe ou hors classe peut s'inspirer et se baser sur la dynamique des groupes et sur les théories d'apprentissage concernant le constructivisme et le socioconstructivisme et leurs rôles dans le travail collaboratif. L'appropriation et la mobilisation des nouveaux outils technologiques dans de telles situations nécessitent des orchestrations instrumentales Trouche (2005) pour les mettre au service de l'activité mathématique des élèves et l'aider à instrumentaliser ses outils et les exploiter. On parle déjà dans des expérimentations de la tablette du passage à la classe inversée et de l'apprentissage par mobile le M-Learning et son rôle dans l'auto formation et la formation à distance. Les plates formes offrent des cours en lignes ouvert CLOT ou MOOCS pour un grand public et le téléchargement des applications peut se faire gratuitement.

Dans notre étude, nous limiterons nos questions à l'apport de la tablette et son application Geogebra sur l'apprentissage des élèves. Nous nous interrogeons sur la conception des situations et sur la planification des activités en classe pour mettre en œuvre les différentes relations possibles entre les trois genèses de notre espace de travail mathématique. La conception de notre espace se base sur le cadre théorique général ETM de (Kuzniak & Richard 2014), et s'inspire particulièrement des recherches faites sur ETG géométrique de (Coutat & Richard 2011). On essaye d'articuler les trois genèses sémiotiques, instrumentale et discursive et de comprendre les interactions de toutes les composantes liées au milieu épistémologique et au sujet épistémique dans le but de contrôler et réguler les activités cognitives de l'élève. Notre recherche essaye de reprendre à un ensemble de questions liées à l'intégration des tablettes en classe, à la conception des situations d'apprentissage et à l'instrumentation des outils tablette et ses applications.

- Quels sont les usages possibles de la tablette dans la classe des mathématiques ?
- Comment instrumentaliser la tablette et ses outils surtout l'application Geogebra ?
- Comment ses nouveaux outils peuvent aider à la découverte et à la construction de nouveaux savoirs et à les mobiliser pour résoudre les problèmes ?
- Comment peut-on organiser notre espace de travail et gérer les activités cognitives de l'élève pour construire son savoir ?
- Comment concevoir une situation problème en utilisant l'application Geogebra ?
- Quels sont les scénarios pédagogiques à concevoir pour instrumentaliser ses outils et gérer les activités des élèves ?
- Quels est l'apport de la tablette sur l'enseignement des mathématiques et sur l'activité cognitive de l'élève ?
- Quel rôle peut jouer l'apprentissage mobile M- Learning sur la formation à distance ?

III. CADRE THEORIQUE

1. Conception des nouvelles situations d'apprentissage.

La conception des situations d'apprentissage se fait en général dans le cadre des institutions scolaires. Les orientations pédagogiques des mathématiques incitent les enseignants à concevoir des situations permettant à l'élève de construire son savoir en interaction avec son milieu en se basant sur la théorie du constructivisme. Elles insistent aussi sur le travail collaboratif en groupe et son rôle dans la socialisation de l'apprentissage socio constructiviste. En mathématiques, la construction des savoirs est liée à la conceptualisation des objets pour leur donner des significations. La construction d'un concept et sa signification sont dissociables et la distinction entre un concept et sa construction est impossible (Bruno d'Amore, 2001). Le processus de conceptualisation est cyclique et comporte trois composantes. La construction joue un rôle essentiel pour donner une signification au concept voir Fig1.

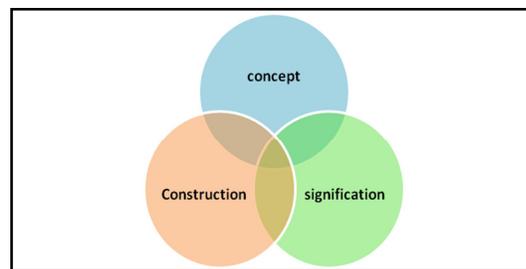


Figure 1 - les relations entre les composantes de conceptualisation

La conceptualisation des notions mathématiques dépend de la capacité d'utiliser différents registres sémiotiques et les conversions possibles entre ces registres. En général la construction d'un concept passe par les actions suivantes : la représentation, le traitement et la conversion (Duval 1995). Voir Fig2.

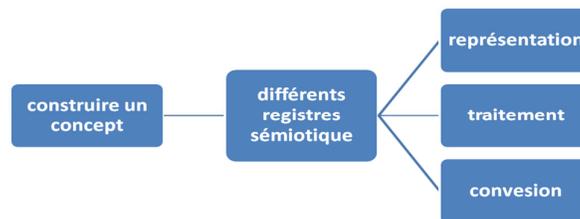


Figure 2 - construction de concept par les registres sémiotique

Pour Duval (1995) le recours à plusieurs registres est une condition nécessaire pour distinguer les objets mathématiques et leurs représentations sémiotiques. Dans une situation d'apprentissage, l'interaction du sujet avec son milieu lui permet d'introduire ces registres pour traiter et analyser les informations et transformer les symboles liés aux registres en signes. L'introduction des instruments technologiques dans une telle situation peut enrichir l'activité cognitive de l'élève et faciliter le traitement de l'information à l'intérieur d'un registre ou par conversion de registres. La genèse instrumentale est le processus de construction des instruments par le sujet. Ce processus nécessite le développement des schèmes et des techniques de l'utilisation des artefacts tablette et application (Rabardel 1995).

Cette genèse participe à la construction par le sujet des signes en transformant les objets mathématiques. Elle contribue à la découverte des relations entre ces signes et à l'introduction des propriétés déjà étudiées pour analyser la situation et donner des preuves et les discuter pour enfin institutionnaliser le savoir. Dans la situation proposée concernant la monotonie les signes sont le dessin géométrique, les symboles algébriques, et les graphes, (Kuzniak & Richard 2014). La gestion rationnelle de ces signes facilite la conceptualisation des notions et la construction du savoir. Elle permet de modéliser mathématiquement la situation et de comprendre le phénomène étudié dans sa totalité. L'introduction de la tablette dans ce type de situations peut favoriser le travail de groupe, l'échange d'idées, les discussions entre les éléments d'un même groupe ou avec les autres groupe, l'échange et la diffusion des résultats vu que la tablette peut se relier à un écran de projection. Notre intérêt ici est de socialiser les apprentissages et rendre le travail des élèves plus collaboratif.

2. La tablette un nouvel environnement technologique de travail - avantages et apport

La tablette est un outil qui peut aider à la communication et la collaboration entre les élèves. La navigation simple entre ses différentes applications facilite son utilisation et son adaptation au contexte scolaire (Karsenti & Fievez 2013). La prise en main facile de ses outils tablettes et ses applications, la rapidité d'exécution des tâches conçus par les enseignants minimise le temps des séances et augmente l'acceptabilité de ses outils dans la classe d'ailleurs une bonne relation avec l'outil technologique, facilite l'engagement des élèves dans l'exécution des tâches et dans la résolution des problèmes (Aldon & al. 2008).

Les technologies mobiles tablettes et téléphones mobiles commencent à prendre leur place en classe et surtout sur la formation à distance et sur la production des contenus multimédia tels que vidéo, livre électronique, animation, simulation, jeu éducatif, visioconférence. La tablette électronique est un petit appareil portatif doté d'une interface avec un écran tactile, qui offre de nombreuses possibilités de personnalisation, comprend plusieurs applications et permet l'accès à l'internet, et dont les fonctionnalités se rapprochent souvent de l'ordinateur de bureau (Josef & Dollaire 2015). On peut résumer ses avantages et son apport sur la portabilité, la connectivité à internet, la facilité de production du multimédia et des animations et simulations. Cet outil est léger par rapport au PC portable et permet l'échange de données. La production des applications sur tablette s'accroît sur tous les domaines, en mathématique l'apparition de l'application Geogebra aide à introduire la tablette dans les activités liées à la géométrie dynamique. Les ressources déjà produites sur ce domaine peuvent se refaire dans un nouvel environnement. La tablette facilite l'autonomie de l'apprentissage des élèves en leur permettant de l'utiliser selon leurs besoins et d'apprendre selon leurs rythmes (Sabra & Trouche 2008). Les TICE peuvent aider, dans certains de leurs aspects d'utilisation, au développement de l'autonomie : elles peuvent enrichir le milieu permettant aux élèves de confronter conjectures et hypothèses, de développer leurs démarches et de contrôler leurs solutions. L'enseignant peut planifier et alterner des phases de médiation et des phases d'autonomie des élèves durant les séquences d'apprentissage. Le travail de groupe peut se faire facilement avec et sur tablette et facilitera le travail collectif en autonomie des élèves.

Les situations proposés sur l'environnement tablette amèneront les élèves à prendre des initiatives comme expérimenter, instrumenter, découvrir, conjecturer, chercher des preuves, discuter. Elles aideront au développement des méta-connaissances du sujet et faciliteront son interaction avec son milieu pour construire son savoir (Brousseau 2004). L'enseignant peut dans ce nouvel environnement d'apprentissage gérer et favoriser l'activité cognitive de l'élève en respectant le processus de perception suivant (fig3).

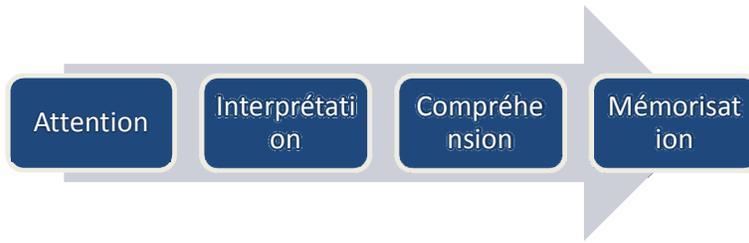


Figure 3 - phases de perception pour gérer l'activité cognitive de l'élève

La situation proposée comme exemple concernant la monotonie permet d'attirer l'attention de l'élève et le motive pour être capable d'analyser et interpréter les relations entre les objets mathématiques, traduire ses relations en langage mathématique pour donner du sens aux objets afin que l'élève découvre les nouveaux savoirs et les mémorise sous forme de définitions ou propriétés. Ce qui permet aussi à l'enseignant d'institutionnaliser les savoirs.

3. La genèse instrumentale des outils tablette et applications

Pour introduire les TICE dans sa pratique, l'enseignant doit être capable d'adapter les ressources existantes comme logiciels, animations, simulations, films éducatifs à ses besoins et aux contenus mathématiques. L'enseignant doit concevoir des nouvelles situations et instrumenter un ensemble d'outils pour tracer des figures dynamiques, faire des calculs, relier des objets mathématiques, tracer un lieu, et gérer l'activité mathématique de l'élèves de tel façon à favoriser son interaction avec le milieu. Les instruments permettent à l'élève d'exécuter des tâches et le mettent dans des situations de recherche, d'expérimentation et de preuve. Parfois l'enseignant peut détourner les fonctionnalités d'un logiciel, ajouter une macro nécessaire pour la réussite d'une tâche, ou produire lui-même de nouvelles ressources en combinant ces outils. Exemple utiliser plusieurs logiciels ou ressources pour produire un film éducatif. Selon Trouche :

L'instrumentalisation est un processus de personnalisation de l'artefact, c'est donc processus de différenciation des artefacts, par lequel chaque usager met cet artefact à sa main.... Ce processus peut être considéré comme un détournement ou comme une contribution de l'usager au processus même de conception de l'instrument. (Trouche 2005)

L'enseignant doit orienter ses élèves et les amener à produire eux même leurs instruments et les aider à combiner ces instruments pour exercer les tâches. Un instrument produit peut aider à exercer plusieurs tâches selon le contexte d'utilisation. C'est ce qu'appelle Trouche les orchestrations instrumentales.

Pour marquer cette nécessaire prise en compte de la construction des instruments, nous avons introduit la notion d'orchestration instrumentale. Les orchestrations instrumentales sont les dispositifs que le maître doit construire dans la classe pour guider la constitution des instruments des élèves et faciliter leur contrôle. Ces dispositifs règlent (sur le plan de l'espace et du temps) l'agencement des outils dans la classe. (Trouche 2007)

L'introduction des nouveaux outils comme la tablette ou téléphone mobile dans l'apprentissage des mathématiques doit se faire progressivement. L'échange et le partage d'expériences sont nécessaires pour mieux instrumentaliser les outils et les mettre au service de l'apprentissage. La communauté de travail de chaque établissement peut produire ses ressources numériques fonctionnant sur tablette exemples : animations –simulations –petits films éducatifs selon ses besoins. La conception des scénarios pédagogiques ou d'usage est nécessaire pour introduire ses nouveaux outils et les intégrer dans l'enseignement des mathématiques.

4. Le scénario pédagogique pour la mise en œuvre des situations d'apprentissages

Nous définissons le scénario pédagogique comme étant le résultat du processus de conception d'une activité ou d'une séance d'apprentissage. Il élabore les étapes de déroulement de la séance. Dans sa conception il faut tenir compte des objectifs, de la durée, des acquis et des savoirs et des savoirs faire des élèves, des compétences acquises ou à développer, des compétences technologiques nécessaires et du matériel à utiliser et ses potentialités. Il faut aussi préciser les tâches de l'enseignant et de l'élève au cours du déroulement de la séance. Le scénario est constitué d'une fiche de l'élève pour guider ses activités, d'une fiche de l'enseignant pour gérer la classe et le temps et d'une fiche technique du matériel à utiliser. Comme le souligne Trouche :

Plus simplement, nous dirons ici qu'il est nécessaire de préciser des scénarios donnant des éléments d'organisation du temps et de l'espace pour la mise en œuvre de la situation dans la classe. La prise de conscience de la nécessité de ces scénarios est apparue depuis quelques années en ce qui concerne l'intégration de logiciels conçus pour l'enseignement, par exemple Cabri (Capponi 1998). On trouve, depuis, un certain nombre de scénarios pédagogique s'accompagnant des situations. Ils précisent en général le découpage temporel en différentes phases de la situation et leurs modes de gestion : durée et nature de chaque phase (exploration, validation, travail de la technique...), organisation de la classe (en petits groupes, par binôme, ...), en relation avec le problème posé. (Trouche 2005)

Dans le scénario, La nature de la situation à étudier et le processus de la genèse instrumentale des outils permettent d'élaborer un schéma qui décrit les phases de déroulement d'une séance d'apprentissage.

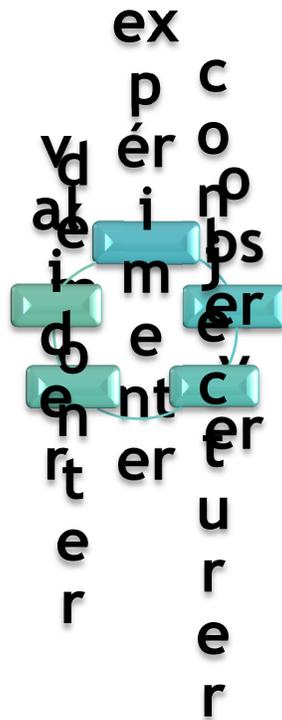


Figure 4 – Exemple d'un processus de déroulement d'une séance d'apprentissage (schéma d'une activité expérimental en classe Production personnelle)

IV. EXEMPLES D'ACTIVITES SUR TABLETTE

1. Monotonie d'une fonction : conceptualisation

L'objectif de cette activité est d'introduire la notion de monotonie d'une fonction en partant d'une situation géométrique pour construire cette notion et la conceptualiser. L'expérience montre que les élèves ont des difficultés à assimiler algébriquement la définition et le changement des inégalités $>$ et $<$ et des difficultés à utiliser cette notion dans d'autres contextes exemple en terminale pour étudier la monotonie d'une suite récurrente $u_0 = a$, $U_{n+1} = f(U_n)$. L'introduction de cette notion nécessite la conception d'une situation permettant de construire la notion et de la conceptualiser progressivement en utilisant les différents registres sémiotiques. L'instrumentalisation des outils permet de passer d'un registre à l'autre c'est-à-dire une conversion de registre. Elle permet aussi de faire des relations de va et vient entre la genèse sémiotique et discursive pour donner du sens aux objets mathématiques et devenir des signes qui contribuent à la conceptualisation de la notion monotonie.

Enoncé de la situation 1 :

ABCD un rectangle tel que $AB = 4\text{cm}$ et $BC = 3\text{cm}$. E un point sur $[A, B]$ tel que $BE = 1\text{cm}$.

F et G deux points mobiles sur $[C, D]$. On pose $DF = x\text{cm}$ et $DG = y\text{cm}$. On suppose que si $x < y$

- Tracer une figure dynamique permettant de déplacer F et G et calculer DF et DG
- Tracer les polygones AEFD et AEGD puis comparer leurs aires respectivement $f(x)$ et $f(y)$
- Tracer les polygones EBCF et EBCG puis comparer leurs aires $g(x)$ et $g(y)$
- Reprendre les questions si $x > y$
- Comparer $f(x)$ et $g(x)$

La comparaison d'aires se fait par différentes méthodes graphique ou algébrique et par les Courbes des fonctions linéaires.

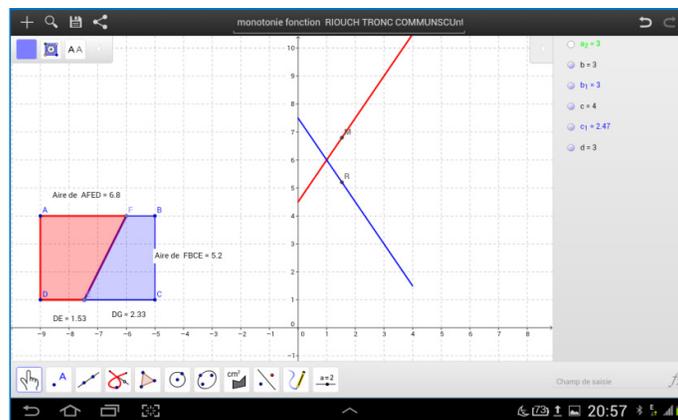


Figure 5 – figure de la situation1 sur tablette

Le but de notre situation est d'introduire la définition d'une fonction monotone :

$$\left((\forall x \in I, \forall y \in I) : x < y \Rightarrow f(x) < f(y) \right), \left((\forall x \in I, \forall y \in I) : x < y \Rightarrow g(x) > g(y) \right)$$

Puis résoudre algébriquement et graphiquement l'équation $f(x) = g(x)$ et l'inéquation $f(x) > g(x)$, pour comprendre le comportement des aires des polygones AEFD et EBCF.

La gestion de notre espace de travail et ses différentes genèses reliant les deux plans milieu et sujet et les articulations entre registres pour conceptualiser la notion monotonie se résume sur la carte suivante :

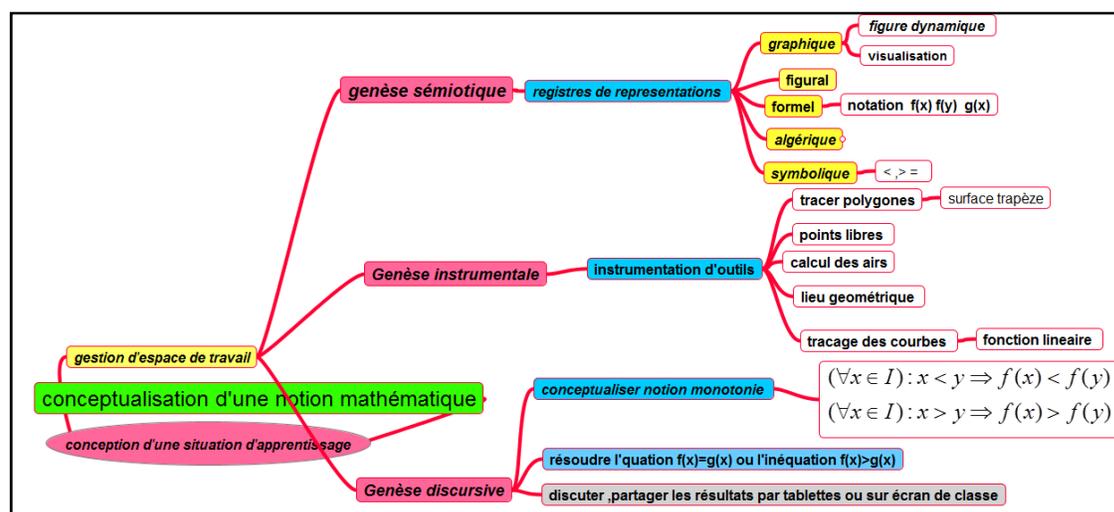


Figure 6 – Description de notre espace de travail et ses différentes genèses

Dans la genèse discursive l'utilisation de la figure dynamique et des graphes des fonctions linéaires induit la dévolution de la situation et la production des preuves pour institutionnaliser la définition de monotonie de f et g . Le déplacement et la visualisation des objets et leurs lieux sur la figure permettent de comparer numériquement puis algébriquement $f(x)$ et $f(y)$ et $g(x)$ et $g(y)$ et de comprendre le comportement des surfaces $f(x)$ et $g(x)$ et de découvrir graphiquement la solution de l'équation $f(x) = g(x)$ et de l'inéquation $f(x) > g(x)$ puis produire un discours et un raisonnement logique dans la résolution. L'élève produit les preuves et le raisonnement en suivant les étapes de la situation et en se basant sur la figure c'est ce qu'appelle Richard le raisonnement discursivo-graphique qui se construit à partir des inférences produites par la figure.

...le registre figural peut à lui seul démontrer visuellement une propriété en fixant des « moments significatifs » du développement d'images significatives du développement d'images mentales.lorsqu'un élève passe d'un énoncé à un dessin, ou d'un dessin à un texte la coordination entre registre discursif et registre figural suppose une activité cognitive de conversion (Richard 2004)

Sur la figure dynamique la visualisation permet de voir que la fonction $f(x)$ est croissante et la fonction $g(x)$ est décroissante. Le moment significatif pour l'équation c'est le moment où $f(x) = g(x)$ numériquement sur la figure et graphiquement lorsque les courbes C_f et C_g se rencontrent en un point.

La genèse discursive induit aussi des relations entre les instruments à utiliser et les objets mathématiques à transformer en signes pour comprendre algébriquement la situation. Elle induit ainsi des relations entre les instruments utilisés et les registres sémiotiques. Donc la situation proposée essaie de gérer les interactions entre les trois genèses sémiotiques instrumentales et discursives. Dans l'ETG conçu par (Coutat et Richard) et repris par (Kuzniak & Richard 2014) on a introduit trois plans pour expliquer la coordination entre ces genèses.

...les plans verticaux ainsi introduits vont pouvoir être reliés aux différentes phases du travail mathématique mis en œuvre dans l'exécution d'une tâche : découverte et exploration, justification, raisonnement, présentation et communication. La réalisation effective de ces phases définira, de fait, un certain nombre de compétences mathématiques cognitives fondées sur la coordination des genèses dans leurs relations avec le plan épistémologique. (Kuzniak & Richard 2014)

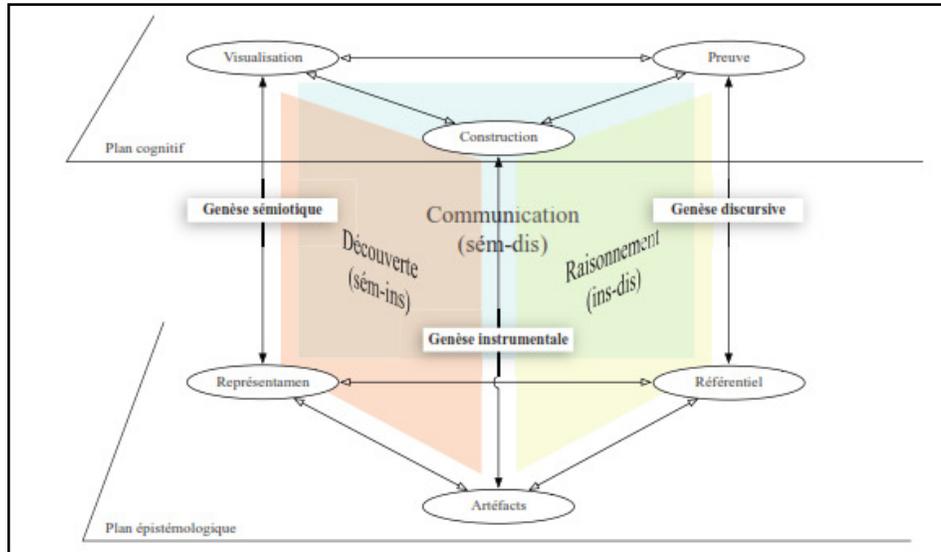


Figure 7 – les plans verticaux de l'ETM géométrique conçu par Richard

Le passage de l'environnement tablette vers l'environnement papier/crayon est obligatoire dans la rédaction des solutions algébriques. On utilise les relations d'ordre dans la comparaison et dans la résolution de l'équation et de l'inéquation.

2. Les différentes droites du triangle : cercle inscrit circonscrit.

Nous avons produit une animation permettant d'évaluer et renforcer les acquis des élèves concernant les propriétés des droites sur le triangle. Son interface se compose d'un menu et des boutons pour se déplacer sur tous ses composants.

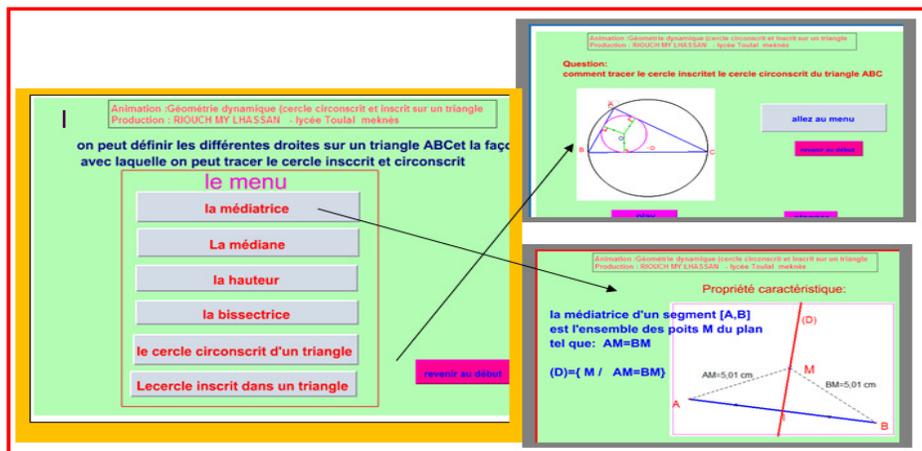


Figure 8 – interface et quelques fenêtres de l'animation

On peut utiliser cette animation même sur internet et sera mis à la disposition des élèves en classe et hors classe. Son objectif est de rappeler structurer tous les acquis des élèves

concernant les droites sur le triangle et leurs propriétés caractéristiques. Après l'utilisation de cette ressource on peut consacrer une séance en classe pour le cercle inscrit ou circonscrit sur tablette en utilisant l'application Geogebra.

Enoncé de la situation 2 : cercle circonscrit :

En utilisant votre application Geogebra :

- 1) Construire les trois médiatrices des cotés d'un triangle ABC puis donner une conjecture
- 2) Montrer que les trois médiatrices se rencontrent en un point O et tracer le cercle de centre O et de rayon OA, puis donner une conclusion

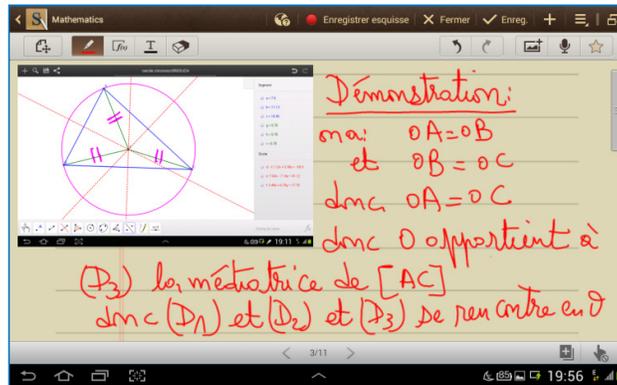
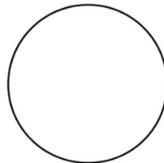


Figure 9 – Une réponse sur tablette à la situation proposée

3. Situation problème sur tablette

Enoncé :

Un technicien veut percer un disque métallique en son centre pour installer un arbre sur ce centre. Pouvez vous aidez ce technicien et lui proposez des solutions pour déterminer précisément le centre et donnez les preuves



Le but de tel problème est de mobiliser les savoir et les savoirs faire des élèves et les mettre dans des situations réelles dans la vie pour intégrer leurs savoirs et leurs donner du sens. On peut proposer ce type de problème en groupe pour discuter les solutions proposées et mener un débat en classe.

La situation a l'aspect d'un problème ouvert ou celle de la situation de recherche et de preuve entre pairs. Elle a les trois potentiels décrits par (Georget 2012) : un potentiel de recherche puisque la solution n'est pas évidente, un potentiel de résistance puisque la solution même s'elle est perçue nécessite une preuve et un potentiel de débat puisque le problème possède plusieurs solutions qu'on doit discuter en groupe. L'apport de la tablette est de tracer facilement et avec précision la figure de la solution proposée et de l'expérimenter. La tablette permet aussi d'accompagner ce débat en échangeant les figures proposés ou on affichant la solution d'un groupe sur l'écran de classe et la discuter ensemble. La tablette peut favoriser le travail collectif et surtout collaboratif des élèves.

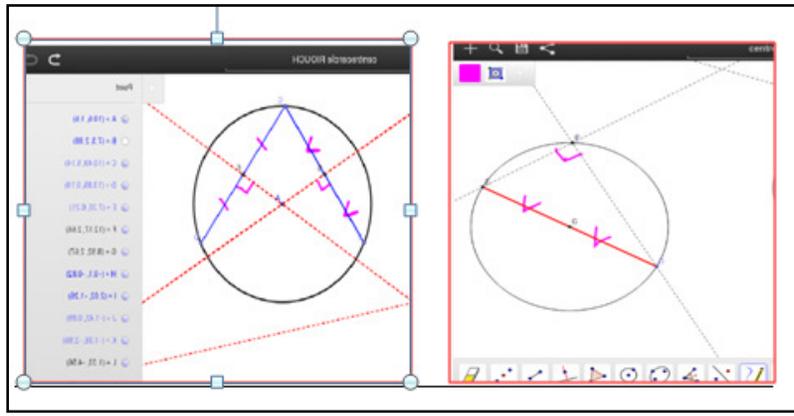


Figure 10 – Deux solutions se basant sur le cercle circonscrit et sur le triangle rectangle

V. CONCLUSION

Dans la description des exemples précédents, il apparaît que la tablette peut remplacer les outils technologiques déjà utilisés en classe : calculatrice, ordinateur, écran de projection. Les recherches déjà faites peuvent aider à la conception des situations intégrant la tablette. Son introduction est seulement une question de temps, les élèves sont déjà familiarisés avec la tablette et les smartphones. Dans plusieurs pays (Canada, France, Turquie, Malaisie), son expérimentation en usages scolaires est en cours vu son apport sur la conception, l'échange et la mutualisation des ressources et sur l'amélioration des apprentissages. On peut l'utiliser pour accéder aux ressources sur internet, pour voir des films, des animations et pour produire du multimédia. En mathématiques on peut l'intégrer facilement sur le domaine de la géométrie, des statistiques, des probabilités, sur la création des simulations et sur la résolution des problèmes. Toutes les activités liées à la géométrie dynamique, à l'optimisation, aux simulations du hasard, aux tableurs et à la modélisation mathématique peuvent se refaire sur tablette (voir exemples sur annexe). C'est donc un outil qui rassemble plusieurs fonctionnalités déjà utilisées sur d'autres supports technologiques. La tablette peut renouveler l'environnement d'apprentissage, faciliter les tâches aux enseignants, minimiser le temps de déroulement des activités et favoriser l'apprentissage collaboratif. Son expérimentation dans plusieurs domaines a déjà donné de bons résultats surtout ce qui concerne la formation à distance et l'apprentissage mobile.

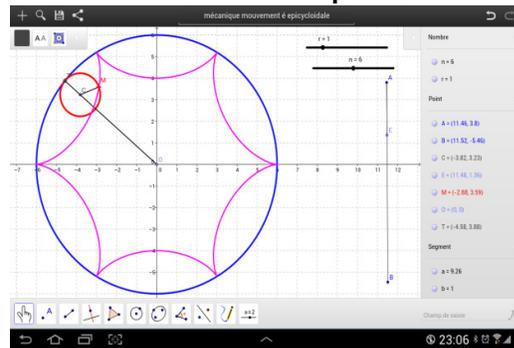
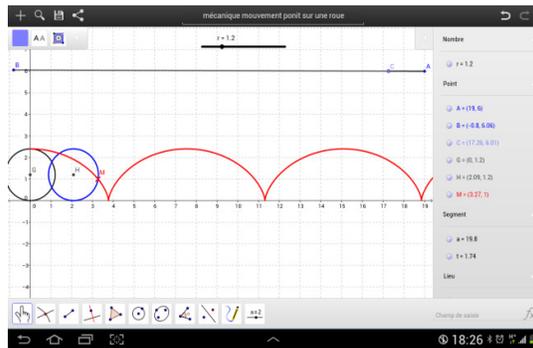
REFERENCES

- Aldon G., Artigue M., Bardini C., Baroux-Raymond D., Bonnafet J.-L., Combes M.-C., Guichard Y., Hérault F., Nowak M., Salles J., Trouche L., Xavier L., Zucchi I. (2008) Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-colab (expérimentation collaborative de laboratoires mathématiques). *Repères IREM* 72, 51-78.
- Aldon G. (2012) Conception collaborative de ressources : l'expérience E-colab actes EMF 2012.
- Bilan de l'expérimentation d'usage pédagogique de tablettes numériques sur l'académie de Nice. (2011) <http://www.ac-nice.fr/matrice/>.
- Bibeau R. (2007) Les technologies de l'information et de la communication peuvent contribuer à améliorer les résultats scolaires des élèves. *Revue de l'association EPI. EpiNet*, 94.
- Brousseau G. (2004) *Théorie des situations didactiques*. La pensée sauvage éditions.

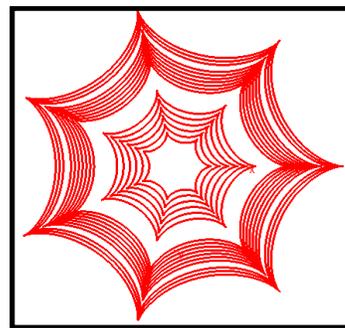
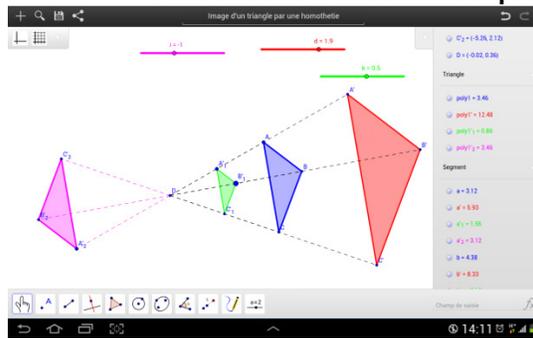
- Coutat S., Richard P.R. (2011) Les figures dynamiques dans un espace de travail mathématique pour l'apprentissage des propriétés géométriques. *Annales de didactique et de sciences cognitives* 16, 97-126.
- Coutat S. (2006) Intégration de la géométrie dynamique dans l'enseignement de la géométrie pour favoriser la liaison école primaire collège : une ingénierie didactique sur la notion de propriété. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble.
- D'Amore B. (2001) Conceptualisation, registres de représentations sémiotiques et noétiques : Interactions constructivistes dans l'apprentissage des concepts mathématiques et hypothèse sur quelques facteurs inhibant la dévolution. *Scientia Paedagogica Experimentalis* 38(2), 143-168.
- Darhmaoui H. (2015) Rapport journée d'étude sur l'apprentissage avec les technologies mobiles, opportunités et défis, pour moderniser l'école Marocaine.
- Duval R. (1993) Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et des sciences cognitives* 5, 37-65.
- Duval R. (1995) Sémio et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.
- Drissi M. (2003) Guide pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC, environnement informatique et apprentissage humain.
- Georget J.-P. (2009) Apport de l'ergonomie des EIAH pour l'analyse et la conception des ressources. EMF 2009.
- Georget J.-P., Labrouse B. (2012) Expérimentation d'une ressource pour une situation de recherche et de preuve entre pairs. Actes EMF2012
- Hivon L., Manuel P., Rouché L. (2008) Un réseau de calculatrices à la construction collaborative du savoir dans la classe, *Educ Math*.
- Josef G., Dollaire F. (2015) *Guide sur l'apprentissage mobile et son impact sur la formation à distance dans la francophonie canadienne*. <http://www.pch.gc.ca>.
- Karsenti T., Fievez A. (2013) *L'iPad à l'école: usages, avantages et défis : résultats d'une enquête auprès de 6057 élèves et 302 enseignants du Québec (Canada)*. Montréal, QC : CRIFPE.
- Kuzniak A., Richard P.R. (2014) Espace de travail mathématique. Points de vue et perspectives.
- Orientations pédagogiques mathématiques du ministre de l'éducation Maroc 2007.
- Rabardel P. (1995) Les hommes et les technologies une approche cognitive des instruments contemporains.
- Rapport national du programme Génie du ministre de l'éducation Maroc 2010.
- Richard P. R. (2011) L'inférence figurale : un pas de raisonnement Discursivo- graphique.
- Sabra H., Trouche L. (2009) *Enseignement des mathématiques et TICE, Revue de la littérature de recherche francophone (2002 – 2008)*. Lyon : INRP.
- Trouche L. (2005) Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Actes de l'Université d'été de Saint Flour : le calcul sous toutes ses formes*, 265-275.
- Trouche L. (2007) Environnements informatisés et mathématiques Quels usages pour quels apprentissages.

ANNEXE

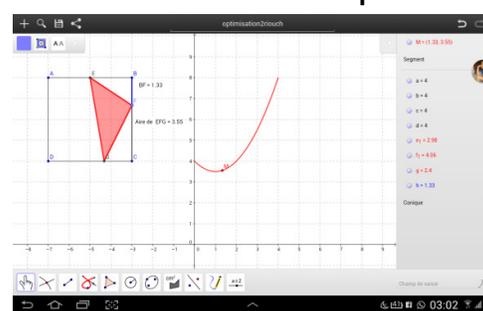
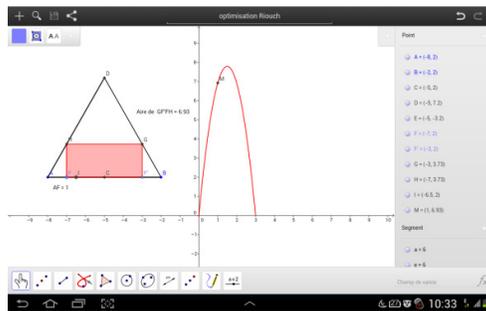
Autres activités liés à d'autres domaines mathématiques :



Modélisation mathématique et simulations : trajectoires des points



Transformations - Homothétie



Optimisation surfaces (voir exemple : L'inférence figurale, Richard)