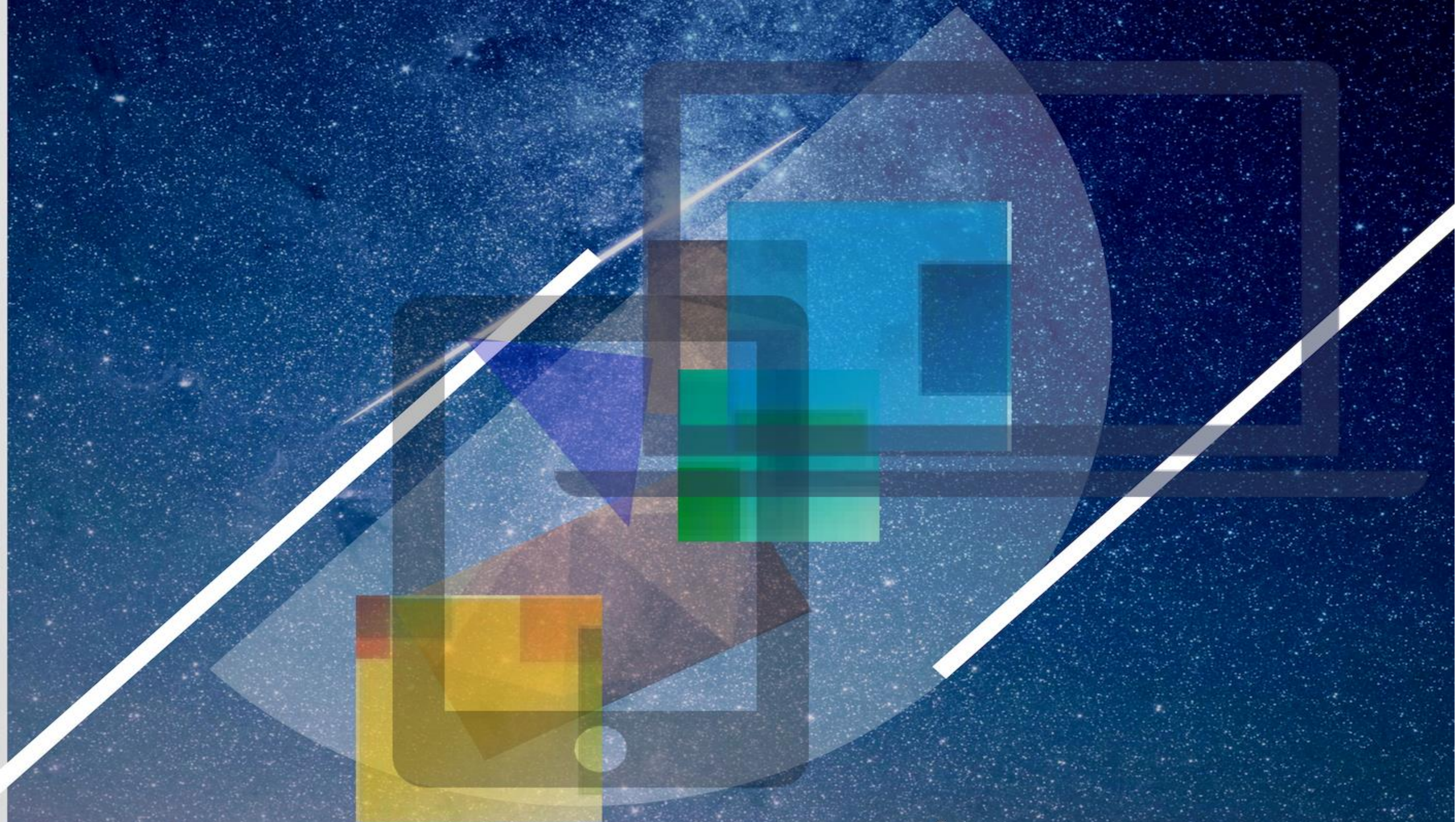
FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

Didactique, TIC et innovation pédagogique



OUVRAGE COORDONNÉ PAR

Mohammed MASTAFI

Bouchaib CHERRADI

Ahmed JAMEA

Préface de Denis Butlen

FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES ET DES SCIENCES

Didactique, TIC et innovation pédagogique

© CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

© Comité d'organisation CIFEM2018

Année de publication : 2019

Actes de la deuxième édition du colloque international sur la formation et l'enseignement des mathématiques et des sciences (CIFEM2018)

ISBN : 978-2-9567638-0-2

9782956763802

Creative Commons de type (BY NC ND) : Le titulaire des droits autorise l'utilisation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, mais n'autorise pas les modifications ou la création d'œuvres dérivés.

Ouvrage coordonné par

Mohammed MASTAFI

Bouchaib CHERRADI

Ahmed JAMEA

FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES ET DES SCIENCES

Didactique, TIC et innovation pédagogique

Comité d’organisation

Mohammed MASTAFI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Bouchaib CHERRADI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Ahmed JAMEA, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Mohamed EL MONTASSIR, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Aziz BOUKHAIR, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Amal EL FARISSI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Khalid ENNACIRI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Khadija RAOUF, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Abdelkrim BENKADDOUR, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Khalil NAIMI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Mohamed EL AYDI, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Najat BENKENZA, CRMEF Casablanca-Settat, section d'El Jadida

Comité de lecture/scientifique

Alain Baudrit, Université Bordeaux Segalen, France
Denis Butlen, Université De Cergy Pantoise, France
Jean Marie Boilevin, ESPE, Université De Bretagne, France
Richard Cabassut, ESPE d'Alsace, Strasbourg, France
Lalina Coulange, ÉSPÉ d’Aquitaine, Université De Bordeaux, France
Naceur Achtaich, Université Hassan2, Casablanca, Maroc
Said Abouhanifa, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Mohamed Aamri, Université Hassan2, Casablanca, Maroc
Samia Achour, Université de Tunis, Tunisie
Sondess Benabid Zarrouk, Université de Haute Alsace, France
Mohamed Bahra, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Ridha Najar, Université De Quebec, Canada
Mohammed Bousmah, Université Chouaib Doukkali, Maroc
Caroline Bulf, ESPE d’Aquitaine, Université de Bordeaux, France
Chiraz Ben Kilani, Université Virtuelle de Tunis, Tunisie
Bouchaib Cherradi, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Mohammed Mastafi , Université Aix Marseille, France
Christian Depover, Université De Mons-Hainaut, Belgique
Bruno Delievre, Universite De Mons-Hainaut, Belgique
Ahmed Jamea, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Jean-Luc dorier, Université de Geneve, Suisse
Mounir Dhieb, Université de La Manouba, Tunisie
Aziz Boukhair, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Alex Esbelin, IREM de Clermont-Ferrand, France
Latifa Faouzi, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Khalid Hattaf, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Faten Khalloufi, Université de Carthage, Tunisie
Khadija Raouf, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc

Fouad Ayoub, CRMEF, Kenitra, Maroc
Abderrahim Khyati, Université Hassan2, Casablanca, Maroc
Abdelilah Lamrani Alaoui, CRMEF Fes, Maroc
Mohammed Laghdir, Université Chouaib Doukkali, Maroc
Abdesselam Mili, CRMEF Casablanca Settat, Maroc
Abdelouahed Mabrour, Université Chouaib Doukkali, Maroc
Faten Maddeh, Université de La Manouba, Tunisie
Khalil Mgharfaoui, Université Chouaib Doukkali, Maroc
Khalid Najib, ENSM, Rabat, Maroc
Mustapha Ourahay, Université Cadi Ayyad, Maroc
François Charles Pluvinage, IREM de Strasbourg, France
Abdelhadi Raihani, Université Hassan 2, Casablanca, Maroc
Mohamed Radid, Université Hassan2, Casablanca, Maroc
Omar Rouan, ENS, Université Cady Ayyad, Maroc
Haddad Sassi, Université de Carthage, Tunisie
Jérôme Santini, Université de Nice Sophia-Antipolis, France
Mamadou Soulaymane Sangaré, ENS de Bamako, Mali
Mohammed Sbaa, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Marc Trestini, ESPE, Université de Strasbourg, France
Luc Trouche, Université De Lyon, France
Laurent Theis, Université de scherbrooke, Canada
Jacques Wallet, Université De Rouen, France
Lhoste Yann, Université de Bordeaux, France
Ahmed El Abbassi, Université My Ismail, Maroc
Mohammed Zahouani, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
El M'hamedi Moulay Zahid, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Mohamed El Aydi, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Afaf, Essaadaoui, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Khalid Ennaciri, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Amal El Farissi, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc
Abdelkrim Benkaddour, CRMEF Casablanca-Settat, Maroc

Sommaire

Didactique des mathématiques et des sciences

TIC, innovation pédagogique et pratiques d'enseignement

Préface

Le Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation Casablanca-Settat (Section d'El Jadida), les départements des Mathématiques et d'Informatique CRMEF Casablanca-Settat ont organisé la deuxième édition du Colloque International CIFEM'2018 sur le thème : « *Avenir de la formation et de l'enseignement des mathématiques et des sciences à l'ère du numérique* » *A El Jadida (Maroc), les 05 et 06 Avril 2018.* Cet évènement montre la volonté des organisateurs de développer la qualité de l'enseignement des mathématiques au Maroc mais aussi en Afrique et la place importante que prend la formation dans ce développement. Cette manifestation est d'autant plus pertinente que comme l'indique l'argumentaire accompagnant l'appel à communications les résultats d'évaluations internationales ou nationales (TIMSS) sont inquiétants pour certains pays (le Maroc et la France notamment).

L'amélioration des performances des élèves et des apprentissages est pour une part importante liée au développement de la formation des enseignants, ce colloque se propose donc non seulement de participer à la diffusion des recherches sur l'enseignement et la formation mais aussi d'enrichir la formation des enseignants par ces résultats.

Dans ce but le colloque a permis de travailler cinq axes :

Axe 1 : Formation et enseignement des mathématiques et des sciences : didactique et approches pédagogiques

Axe 2 : TIC, formation, enseignement et innovation pédagogique

Axe 3 : Collaboration et interférence des mathématiques et des sciences pour un développement mutuel.

Axe 4 : Langage mathématique et scientifique et langue d'enseignement

Axe 5 : Analyses de pratiques d'enseignement.

Si tous les thèmes ont fait l'objet d'échanges et de mutualisations, les articles retenus pour la publication des actes s'organisent principalement autour de deux premiers thèmes cités ci-dessus.

153 participants issus de 6 pays d'Afrique (Maroc, Tunisie, Algérie, Benin, Jordanie, Togo) mais aussi de France et du Canada ont permis des échanges fructueux. En plus de 4 conférences plénières et 13 communications par posters, 83 communications orales ont été acceptées par un comité scientifique constitué de 57 membres de différents pays. Parmi celles-ci 75 communications orales ont été effectivement présentées.

La richesse du colloque se révèle aussi dans la diversité des contenus scientifiques abordés et des niveaux d'enseignement concernés. Ainsi les études et recherches vont de l'enseignement primaire à l'université en passant par le collège et le lycée, le lycée ou la formation des enseignants (premier et second degré).

L'enseignement de contenus mathématiques occupe une place importante dans les travaux du colloque ; cet enseignement est souvent étudié en lien avec les TIC (*Technologies de l'Information et de la Communication)*. Toutefois plusieurs articles portent sur l'enseignement des SVT ou la formation aux métiers de la santé. Les thèmes mathématiques abordés sont notamment : l'algèbre, les probabilités (au collège), l'apprentissage de la notion de fonction (au secondaire), la géométrie, les nombres complexes, la moyenne arithmétique (au collège).

Le numérique constitue une dimension significative des travaux, que ce soit pour l'apprentissage des élèves (utilisation de logiciels de géométrie dynamique par exemple), pour la formation des enseignants, l'impact du numérique sur les pratiques ou encore l'EIAH.

Enfin, plusieurs études s'intéressent aux pratiques langagières (en mathématiques), aux difficultés d'apprentissage des élèves (notamment issus de milieux socialement défavorisés) ou aux représentations des enseignants (en SVT). Les analyses de pratiques enseignantes sont aussi centrales dans plusieurs communications.

Quatre conférences plénières ont introduit mais aussi enrichit les différents thèmes de réflexion abordés dans les communications.

Cette deuxième édition du Colloque International CIFEM'2018 témoigne donc de l'importance de la réflexion marocaine sur l'enseignement des sciences et des mathématiques.

Denis BUTLEN

Professeur émérite, université de Cergy-Pontoise

Partie 1

DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES ET DES SCIENCES

Difficultés d'apprentissage de la notion de fonction au secondaire au Québec

Jean-François Nolet, Ridha Najar[1]

Résumé

Plusieurs recherches menées dans différentes institutions et dans de nombreux pays témoignent des difficultés liées à l'enseignement et à l'apprentissage de la notion de fonction au secondaire. Dans cette recherche, nous étudions les difficultés liées à l'apprentissage des fonctions en troisième année du secondaire au Québec. Pour ce faire, un test diagnostique soumis à des élèves de ce niveau nous a permis d'identifier et de caractériser leurs difficultés. Ensuite, une analyse praxéologique des enseignements donnés aux élèves a permis de comprendre et d'expliquer les origines institutionnelles desdites difficultés.

Mots-clés : Fonction, difficultés, praxéologies mathématiques, registres sémiotiques, dialectique outil-objet

1. Problématique

La notion de fonction représente un objet mathématique commun à différents domaines de la mathématique : cette notion est présente en algèbre, en géométrie, en statistique, en plus de constituer « un des objets fondamentaux du travail dans le domaine de l'analyse mathématique » (Coppé, Dorier et Yavuz, 2006, p.29). Les fonctions sont également un outil fondamental de modélisation, non seulement en mathématiques, mais aussi dans plusieurs disciplines à caractère scientifique (chimie, physique, technologie, …).

Au Québec, le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), pour l'enseignement secondaire, considère que la notion de fonction est centrale au développement des trois compétences disciplinaires que doit développer l'élève tout au long de son parcours scolaire, à savoir : *Résoudre une situation-problème*, *déployer un raisonnement mathématique*, et *communiquer à l'aide du langage mathématique* Cette notion est également centrale aux trois sous-domaines de la mathématique définis par le PFEQ, soit la géométrie, l'arithmétique et l'algèbre, et les probabilités et la statistique.

Or, la complexité de la notion de fonction est reconnue par un grand nombre de recherches à travers le monde, dont celles de Duval (1988), de Schwarz et Dreyfus (1995), de Hitt (1998) et de Sajka (2003). Ces recherches démontrent notamment qu'un grand nombre d'élèves éprouvent des difficultés persistantes par rapport aux liens entre les différentes représentations des fonctions, que la distinction entre une fonction et une relation non fonctionnelle est difficile pour

[1] Université du Québec en Abitibi-Temiscamingue. Canada.

plusieurs d'entre eux, et même que plusieurs étudiants de niveau universitaire et aspirant à devenir enseignants de mathématiques ont une conception étroite de la notion de fonction.

La complexité de la notion de fonction a également été étudiée au Québec, en particulier par Drolet (2012) et Blanchard (2013). Ces études ont montré que plusieurs élèves confondent la notion de fonction avec celle de fonction linéaire, et qu'une proportion minime des étudiants, au terme de leurs études secondaires, est en mesure de coordonner plus de deux registres de représentation de la notion de fonction.

Dans la continuité de ces travaux, nous nous intéressons non seulement aux difficultés que rencontrent les élèves québécois lors du premier enseignement explicite de la notion de fonction, soit en troisième année du secondaire[2], mais aussi aux origines institutionnelles des difficultés identifiées. Cela nous amène à formuler la question générale de notre recherche : « Quelles sont les difficultés d'apprentissage de la notion de fonction en troisième année du secondaire au Québec, et quelles sont leurs origines institutionnelles? ».

2. Méthodologie de recherche et cadre théorique d'analyse

Le cadre théorique de référence de cette recherche se base sur trois éléments : premièrement, l'analyse praxéologique, et plus précisément les praxéologies mathématiques, initiées par Chevallard (1998). Une praxéologie mathématique est un quadruplet formé de quatre constituantes : une tâche, une technique, une technologie et une théorie. La technique représente une manière de réaliser une tâche donnée, la technologie correspond à un « discours rationnel (…) ayant pour objet de justifier la technique » (Chevallard, 1998, p.3), tandis que la théorie joue pour la technologie le rôle que celle-ci joue pour la technique, c'est-à-dire un rôle de justification. Puisque les éléments d'une praxéologie mathématique nous permettent d'avoir une bonne connaissance de la tâche proposée à l'élève, de ses possibilités de résolution et des propriétés mathématiques sous-jacentes qui sont à l'origine des techniques de réalisation de ladite tâche, les praxéologies mathématiques représentent un outil efficace d'analyse de contenus mathématiques.

Le second élément du cadre théorique est la théorie des représentations sémiotiques, introduite par Duval (1993). Cette théorie souligne l'importance du rôle que jouent les représentations sémiotiques dans la manipulation des objets mathématiques abstraits. De façon générale, un objet mathématique possède de nombreux registres de représentation sémiotique. Chacun de ces registres fournit un accès partiel à l'objet qu'il représente et permet d'effectuer certaines opérations sur cet objet. De ce fait, toute représentation est réductrice de l'objet mathématique qu'elle représente. Pour éviter les méfaits de cet aspect réducteur sur la conceptualisation d'un objet mathématique, Duval considère que la coordination de plusieurs registres d'une même notion est fondamentale pour sa conceptualisation. Selon Duval, cela peut s'effectuer par la mise en œuvre de trois activités cognitives (opérations) fondamentales : la formation, le traitement et la conversion. L'opération de formation correspond à la création d'une représentation d'un objet dans un registre donné, l'opération de traitement est « une transformation interne à un registre », tandis qu'une conversion est une « transformation externe au registre de départ » (Duval, 1993, p.41-42). Toujours selon Duval, un débalancement dans les registres ou dans les opérations de formation, de traitement et de conversion lors de l'enseignement peut avoir un impact négatif sur la formation des élèves.

[2] Suite à la troisième année du secondaire, l'élève doit choisir entre trois séquences : Culture, société et technique (CST), Technico-sciences (TS), et Sciences naturelles (SN). Les notions qui sont enseignées et/ou approfondies dans chacune de ces séquences sont différentes et sont établies par le PFEQ.

Le troisième élément du cadre théorique est la dialectique outil-objet de Douady (1983). Cette théorie distingue, pour toute notion mathématique, deux caractères : outil et objet. Le caractère outil d'une notion désigne « son fonctionnement scientifique dans les divers problèmes qu'il permet de résoudre », et le caractère objet désigne « le concept mathématique, considéré comme objet culturel ayant sa place dans (…) le savoir savant à un moment donné, reconnu socialement » (Douady, 1983, p.9-10). Selon Douady, une sous-estimation du rôle d'un de ces deux caractères peut limiter les possibilités d'apprentissage des élèves.

Au point de vue méthodologique, notre approche se base sur un modèle séquentiel explicatoire (Creswell, 2015) : dans un premier temps, nous identifions et caractérisons les difficultés des élèves en troisième année du secondaire par rapport à la notion de fonction. Pour ce faire, un test diagnostique est élaboré selon les attentes du Ministère définies dans le PFEQ et tient compte des possibilités de coordination des registres de représentation sémiotique dans les tâches proposées, ainsi que de l'usage des aspects outil et objet de la notion de fonction. Puis, ce test a été soumis à trois groupes d'élèves issus de deux commissions scolaires différentes, à la fin de leur troisième année du secondaire. Au total, 31 élèves ont complété le test. L'analyse des productions des élèves suite à ce test nous a permis d'identifier et de caractériser les difficultés rencontrées.

Dans un deuxième temps, nous essayons de comprendre les difficultés des élèves identifiées précédemment, et d'expliquer leurs origines institutionnelles. Pour ce faire, nous effectuons une analyse praxéologique des contenus d'enseignement utilisés par deux des enseignants des trois groupes d'élèves ayant répondu au test diagnostique.

3. Test diagnostique et analyse des productions des élèves

Le test diagnostique, composé de trois exercices, a été soumis aux trois groupes d'élèves à la fin de leur année scolaire, où ils ont eu 60 minutes pour le compléter. Ce test a été élaboré selon les attentes du Ministère définies dans le PFEQ, pour la troisième année du secondaire. Ces attentes sont notamment les suivantes (MEES, 2016) :

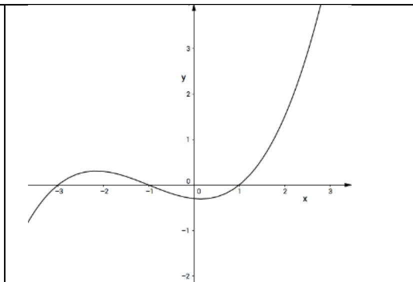
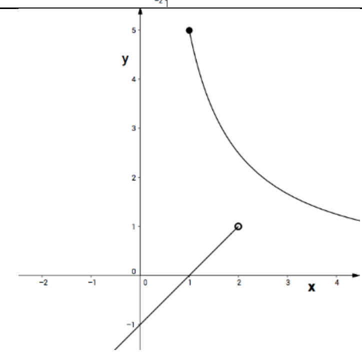
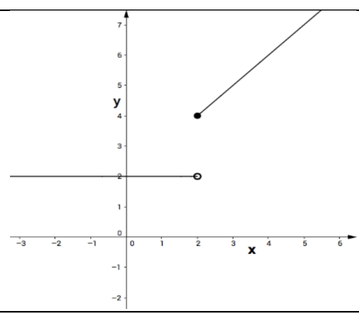
- Distinguer les concepts de relation non fonctionnelle et de relation fonctionnelle ;
- Identifier les propriétés d'une fonction modélisant une situation contextualisée ;
- Comparer les règles, les graphiques et la description verbale des fonctions affines et rationnelles qui modélisent une situation donnée ;
- Passer d'un registre de représentation d'une fonction à un autre, et ce, sans restriction.

Afin d'effectuer l'analyse des productions des élèves, nous avons utilisé trois catégories de réponses : les réponses correctes, les réponses incomplètes (présence d'implicite et/ou manque de précision et/ou langage mathématique partiellement conforme) et les réponses fausses (la production démontre une conception erronée de la connaissance en jeu, ou encore une absence d'acquisition de cette connaissance). Les résultats qui seront présentés ultérieurement se fondent sur ces trois catégories.

Nous discutons dans cet article seulement des tâches qui ont engendré des difficultés particulières chez plusieurs élèves, soit les tâches de l'exercice 1 et certaines tâches de l'exercice 3. Nous présentons brièvement l'analyse *a priori* de ces exercices, avant de présenter certaines productions d'élèves pour illustrer les difficultés identifiées.

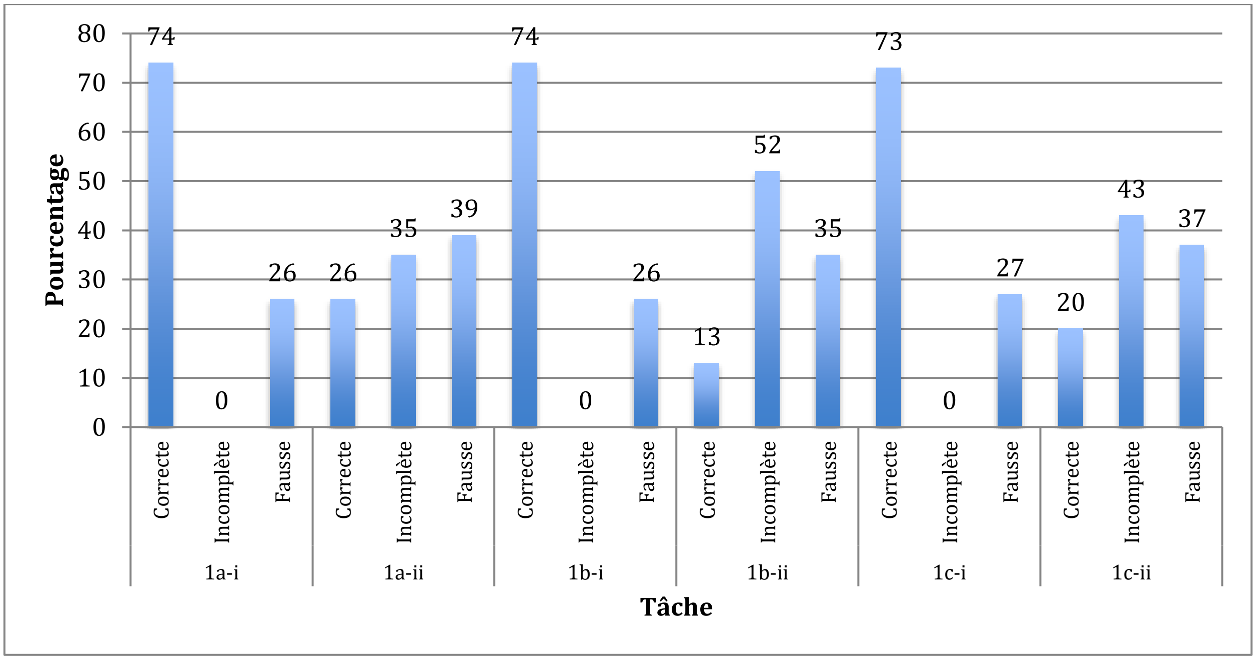
Le premier exercice du test vise à diagnostiquer si l'élève est en mesure non seulement de distinguer les concepts de fonction et de relation non fonctionnelle à partir d'un graphique, mais également de justifier sa réponse, ce qui nécessite de faire une interprétation formelle de la notion de fonction dans le registre verbal. Cet exercice met donc en œuvre le caractère objet de cette notion, et la définition d'une fonction est l'outil devant être utilisé par l'élève pour réaliser la tâche demandée. Les tâches composant cet exercice sont les suivantes :

Figure 1 : Tâches composant l'exercice 1 du test diagnostique

a)		Est-ce une fonction? Oui ☐ Non ☐ Justification :
b)		Est-ce une fonction? Oui ☐ Non ☐ Justification :
c)		Est-ce une fonction? Oui ☐ Non ☐ Justification :

Lors de l'analyse des productions, nous avons séparé chaque sous-exercice (*1a, 1b, 1c*) en deux sous-tâches : la première, notée *i*, consiste à donner la réponse courte attendue, tandis que la seconde, notée *ii*, consiste à fournir une justification correcte de la réponse précédente. Les résultats obtenus pour l'ensemble de cet exercice sont les suivants :

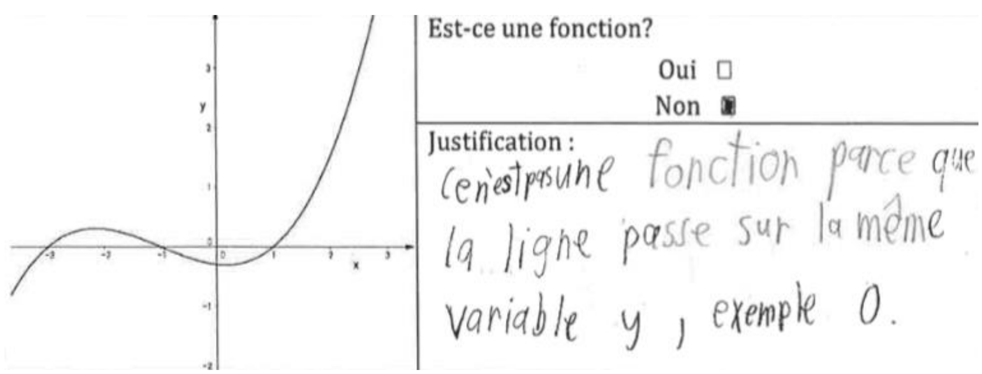
Figure 2 : Répartition des réponses obtenues à l'exercice 1 du test diagnostique



Nous pouvons voir que les élèves réussissent bien, dans l'ensemble, à fournir une réponse correcte pour les tâches *1a-i, 1b-i* et *1c-i.* Ainsi, nous pouvons affirmer qu'ils semblent être en mesure de distinguer une fonction d'une relation non fonctionnelle à partir d'une représentation graphique. Toutefois, nous constatons que les pourcentages d'élèves fournissant des réponses correctes aux tâches *1a-ii*, *1b-ii* et *1c-ii* diminuent de façon significative : entre 13% et 26% des élèves ont été en mesure de fournir de telles réponses dans l'une ou l'autre de ces trois tâches.

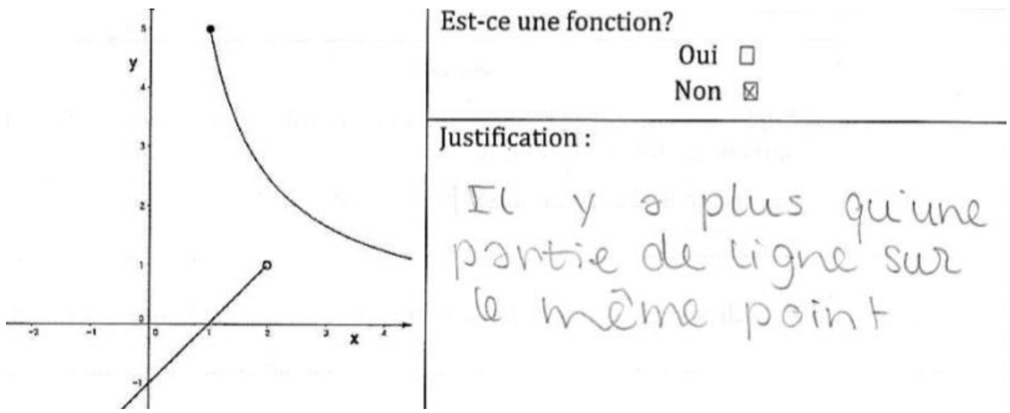
Afin d'avoir un aperçu des réponses des élèves et des difficultés que certains d'entre eux ont rencontré, nous présentons ci-dessous quelques exemples de productions qui ont été considérées soit incomplètes, soit fausses, lors de l'analyse des productions des élèves.

Figure 3 : Exemple 1 d'une production d'élève pour la tâche 1a



Dans la production ci-dessus, nous constatons que la difficulté essentielle qu'a rencontré cet élève est la confusion entre les rôles des variables *x* et *y*. Cette production comporte également une part d'implicite au niveau de la façon dont l'élève a voulu indiquer que la courbe passe par trois points ayant la même ordonnée (*y = 0*).

Figure 4 : Exemple 1 d'une production d'élève pour la tâche 1b



Dans la figure 4, nous pouvons voir que l'élève est en mesure de distinguer une fonction d'une relation non fonctionnelle, de par sa réponse correcte en *1b-i*. Toutefois, la justification de l'élève est incorrecte puisqu'elle comprend de l'implicite, notamment en ce qui a trait à l'utilisation des termes « ligne » et « point ».

Par ailleurs, notons que 39% des élèves de notre échantillon ont au moins une fois donné une réponse contradictoire[3] entre les parties *i* et *ii* dans le cadre de l'exercice 1, ce qui pose des questions quant à la connaissance des élèves de la définition formelle d'une relation (fonctionnelle ou non), et/ou à leur capacité de formuler en langage mathématique correct leurs connaissances.

Ces observations nous ont amené à identifier deux difficultés essentielles apparues chez plusieurs élèves de notre échantillon. La première difficulté que nous avons identifiée est la rédaction de justifications correctes aux réponses ou aux techniques de résolution utilisées, que nous associons à la mise en œuvre des éléments technologico-théoriques des praxéologies mathématiques concernées. La seconde difficulté identifiée est l'utilisation correcte du vocabulaire mathématique formel (axe, variable, ligne, point, coordonnées, etc.) qui est en lien avec les fonctions.

Le second exercice du test diagnostique dont nous présentons les résultats est la première partie de l'exercice 3, qui est représentée ci-dessous :

Figure 5 : Première partie de l'exercice 3 du test diagnostique

Un agriculteur possède un vignoble (champ de vignes). Pour cultiver ses raisins, il engage plusieurs cueilleurs et partage la superficie du champ (en mètres carrés (m^2)) de façon égale entre les cueilleurs.

Toutefois, au fil des années, le propriétaire engage de plus en plus de cueilleurs, ce qui laisse à chacun d'entre eux moins de surface à récolter sur ses terres. On note f la fonction qui représente la surface (en m^2) à récolter par cueilleur, en fonction du nombre total de cueilleurs. Le tableau suivant donne quelques valeurs prises par cette fonction f.

[3] Par réponse contradictoire, nous entendons que l'élève fournit une réponse correcte pour la partie *i*, avec, en partie *ii,* une justification qui entre en contradiction à la réponse de la partie *i*.

Nombre de cueilleurs	6	8	15
Surface (en m^2) à récolter par cueilleur	20 000	15 000	8000

a) Seulement en lisant les valeurs données dans ce tableau, peux-tu dire comment varie la fonction *f* (croissante, décroissante, constante)? Justifie ta réponse.

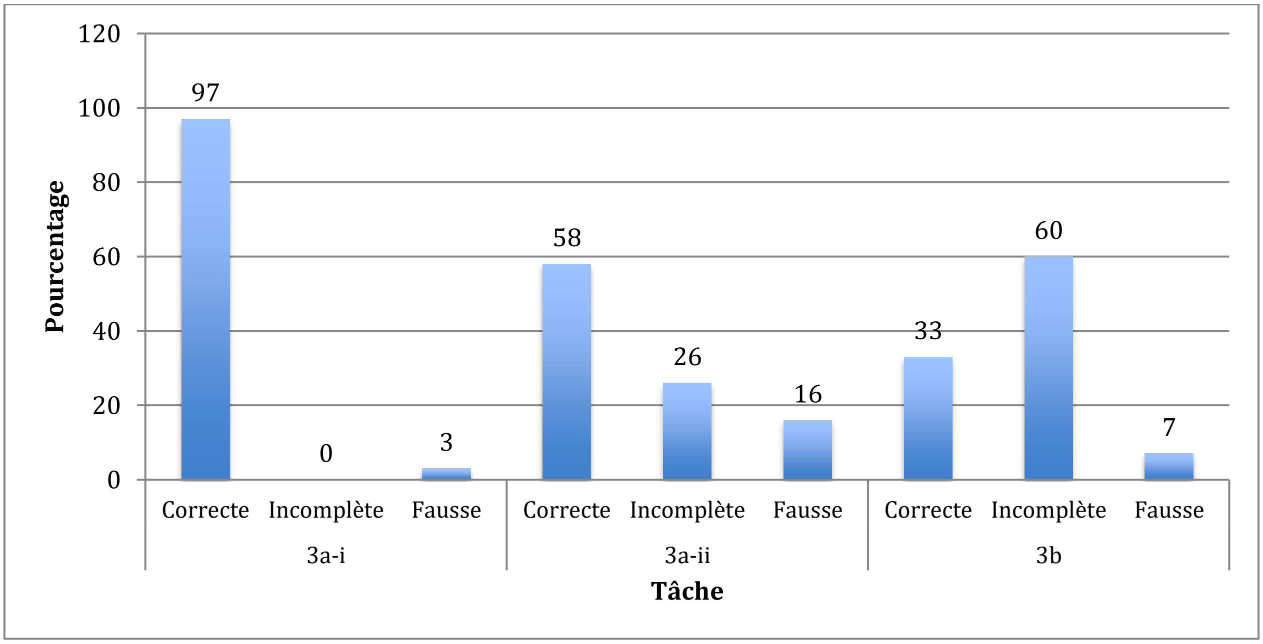
b) Détermine la règle algébrique (équation) de cette fonction *f*.

La tâche *3a* de cet exercice est en fait séparée en deux tâches distinctes : la première, notée *i,* permet de vérifier si l'élève est en mesure de reconnaître le sens de variation d'une fonction représentée par une table de valeurs. La seconde tâche, notée *ii*, correspond à la partie justificative de la tâche précédente et vise à vérifier la capacité de l'élève à faire l'interprétation formelle du sens de variation d'une fonction dans le registre verbal. La définition du sens de variation correspond donc au dispositif à utiliser pour réaliser cette tâche.

La tâche *3b* cible trois connaissances : la reconnaissance d'une loi à variation inverse décrite à l'aide d'une table de valeurs, la réalisation d'un calcul algébrique simple et familier pour l'élève, ainsi que le passage du registre tabulaire au registre algébrique. Cela s'effectue en effectuant une procédure routinière de modélisation à l'aide d'une fonction inverse.

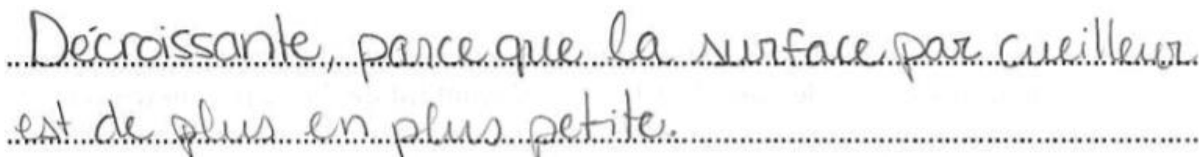
Les résultats obtenus par rapport à ces tâches sont représentés ci-dessous :

Figure 6 : Répartition des réponses obtenues aux tâches 3a et 3b du test diagnostique



Nous constatons d'abord que 97% des élèves ont fourni une réponse correcte à la tâche *3a-i.* Néanmoins, les résultats de la tâche *3a-ii* montrent qu'une bonne part de ces élèves a une connaissance erronée quant à la variation d'une fonction. En effet, seulement 58% des élèves ont donné des réponses correctes pour la tâche *3a-ii*. Nous présentons ci-dessous une production d'élève afin d'illustrer les difficultés qui ont été rencontrées.

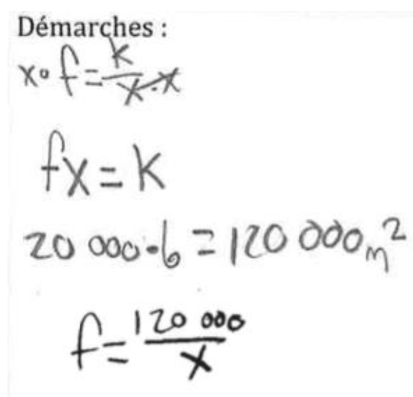
Figure 7 : Exemple 1 d'une production d'élève pour la tâche 3a



Nous pouvons voir que même si cet élève a fourni une réponse correcte en *3a-i* (soit « Décroissante »), la justification qui est fournie en *3a-ii* est incorrecte : celle-ci se base strictement sur la baisse des valeurs de la variable dépendante (soit la surface à récolter), sans tenir compte de la variation des valeurs de la variable indépendante (soit le nombre de cueilleurs). Au total, 10 élèves de notre échantillon (32%) ont fourni une production dans laquelle nous avons remarqué une formulation erronée en lien avec l'interprétation formelle de la notion de sens de variation d'une fonction. Cette observation vient également soutenir l'une des difficultés précédemment identifiées, soit celle reliée à la rédaction de justifications valides par rapport à leurs réponses.

La tâche *3b* semble également avoir posé problème à plusieurs élèves, étant donné que seulement 33% d'entre eux ont fourni une réponse correcte. Afin d'illustrer les difficultés rencontrées, un exemple d'une production d'élève pour la tâche *3b* est présenté ci-dessous :

Figure 8 : Exemple 1 d'une production d'élève pour la tâche 3b



Dans la production de la figure 8, nous constatons dans un premier temps que l'élève n'a pas vérifié que la fonction en jeu était une fonction à variation inverse. Dans notre échantillon, près de la moitié des élèves (14 élèves sur 31) sont parvenus à trouver l'équation demandée, mais n'ont aucunement fait la vérification du type de fonction, et par conséquent n'ont pas fourni une solution justifiée complète. Nous croyons donc que la rédaction de solutions justifiées valides est une difficulté chez plusieurs élèves. Dans un deuxième temps, nous remarquons que cet élève a utilisé des notations incorrectes dans son travail, comme x □ f, fx, et f à la place de $f(x)$. D'ailleurs, près de 20% des élèves de notre échantillon ont commis des erreurs équivalentes en lien avec le symbolisme fonctionnel lors de la réalisation de cette tâche. Cette dernière observation rejoint l'une des difficultés identifiées précédemment, soit la difficulté liée au formalisme[4].

En résumé, les principales difficultés rencontrées par les élèves de notre échantillon sont la mise en œuvre des éléments technologico-théoriques des notions fonctionnelles, la rédaction de solutions justifiées, et la difficulté reliée à l'utilisation d'un langage et d'un symbolisme mathématique correct par rapport aux notions fonctionnelles. Afin d'orienter le travail d'identification des origines institutionnelles de ces difficultés, nous formulons ici trois questions pour lesquelles nous tenterons d'obtenir réponse dans la section suivante :

1. Quel rôle jouent les éléments technologico-théoriques dans l'enseignement des notions fonctionnelles?
2. Quelle importance accorde l'enseignement aux exercices nécessitant l'élaboration et la rédaction de solutions justifiées, et quelle importance est accordée à la production d'un tel travail par les élèves?
3. Quelle importance accorde l'enseignement au langage et au symbolisme mathématiques?

4. Origines institutionnelles des difficultés

Après avoir identifié les principales difficultés des élèves, nous avons voulu voir si les choix institutionnels d'enseignement ont contribué à l'apparition de ces difficultés. Pour ce faire, nous avons procédé en deux temps : une analyse praxéologique des contenus d'enseignement a d'abord été effectuée, et une analyse ponctuelle de chaque difficulté a ensuite été complétée.

4.1 Analyse praxéologique des contenus d'enseignement

Cette analyse concerne tous les exercices et devoirs faits en classe et à la maison, et toutes les évaluations en lien avec la notion de fonction qui ont été donnés aux élèves durant leur troisième année du secondaire. Ceux-ci ont été analysés pour deux des trois groupes ayant complété le test diagnostique, ce qui représente plus de 70% des élèves de l'échantillon.

Chaque tâche de ces contenus a été décrite, avec la ou les technique(s) de réalisation possible(s). Les tâches du même type ont été regroupées selon des types de tâches, notés par T^i, et le bloc technologico-théorique de chaque type de tâche a été identifié. Puis, les registres de représentation sémiotique donnés et demandés (s'il y a lieu) ont été identifiés, de même que l'opération devant être effectuée sur ces registres dans le but de réaliser la tâche demandée. Enfin, nous avons noté de quelle façon la notion de fonction était utilisée dans chaque tâche, soit selon son caractère outil ou objet.

Un aperçu de la grille d'analyse utilisée est illustré ci-dessous, pour l'analyse des tâches de type T^2 (Construire une table de valeurs d'une fonction numérique) :

[4] La difficulté liée au formalisme est au niveau du vocabulaire mathématique dans l'exercice 1, tandis qu'elle est davantage au niveau du symbolisme mathématique dans la tâche 3b.

Tableau 1: Exemple de la grille d'analyse des contenus d'enseignement

Type de tâche	(T^{2}) Construire une table de valeurs d'une fonction numérique		
Tâche	(T^{2a}) Construire une table de valeurs à partir du graphique d'une fonction f donnée	(T^{2b}) Construire une table de valeurs à partir d'une règle de correspondance donnée	(T^{2c}) Construire une table de valeurs à partir d'une situation décrite verbalement et représentant un phénomène physique
Technique	- Déterminer les coordonnées (x,y) associées à différents points du graphique de la fonction f - Inscrire les couples (x,y) trouvés dans une table de valeurs	- Choisir des valeurs de la variable indépendante x et calculer leurs images y à l'aide de la règle de correspondance donnée - Inscrire les couples (x,y) trouvés dans une table de valeurs	- Associer une formule algébrique à la situation décrite verbalement - Choisir des valeurs de la variable indépendante x et calculer leurs images y à l'aide de la règle de correspondance identifiée - Inscrire les couples (x,y) trouvés dans une table de valeurs
Bloc technologico-théorique	Définition d'une fonction numérique		
Registre de représentation sémiotique donné	Graphique	Algébrique	Verbal
Registre de représentation sémiotique demandé (s'il y a lieu)	Table de valeurs	Table de valeurs	Table de valeurs
Opération effectuée sur le registre de représentation (s'il y a lieu)	Conversion	Conversion	Conversion
Utilisation de la notion de fonction (Outil ou objet)	Objet	Objet	Outil

Au total, 17 types de tâches ont été identifiés. 16 de ces 17 types de tâches sont communs dans les contenus d'enseignement des deux enseignants considérés[5], et leur effectif respectif observé est relativement similaire. La répartition des types de tâches dans leurs contenus d'enseignement respectifs est représentée par le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Répartition des 17 types de tâches identifiées dans les contenus d'enseignement de deux enseignants

Type de tâches		**Enseignant E_1**	**%**	**Enseignant E_2**	**%**
T^{1}	Décrire une relation fonctionnelle entre deux variables associées à un phénomène	36	5%	30	5%
T^{2}	Construire une table de valeurs d'une fonction numérique	40	6%	34	6%
T^{3}	Distinguer une fonction d'une relation non fonctionnelle	51	7%	40	7%
T^{4}	Tracer le graphique d'une fonction affine	35	5%	13	2%
T^{5}	Tracer le graphique d'une fonction inverse	18	3%	6	1%
T^{6}	Déterminer la fonction réciproque à une fonction donnée	23	3%	20	4%
T^{7}	Déterminer et interpréter l'image ou l'antécédent d'un point par une fonction	174	24%	153	28%
T^{8}	Identifier et interpréter les extremums globaux d'une fonction	28	4%	18	3%
T^{9}	Identifier et interpréter le signe d'une fonction	26	4%	12	2%
T^{10}	Déterminer et interpréter le sens de variation d'une fonction	85	12%	61	11%

[5] Seul le type de tâche T^{17} (Tracer le graphique d'une fonction polynomiale de degré 2) n'était pas commun aux deux enseignants. À noter que ce type de tâche ne fait pas partie des attentes du Ministère pour la troisième année du secondaire.

T^{11}	Déterminer et interpréter le domaine ou l'image d'une fonction	35	5%	18	3%
T^{12}	Déterminer la règle de correspondance d'une fonction affine	70	10%	64	12%
T^{13}	Déterminer la règle de correspondance d'une fonction inverse	35	5%	20	4%
T^{14}	Identifier le degré d'une fonction polynomiale	18	3%	5	1%
T^{15}	Identifier le type d'une fonction donnée	27	4%	43	8%
T^{16}	Identifier et interpréter les variations des coefficients *a* et *b* d'une fonction affine $y = ax + b$	10	1%	16	3%
T^{17}	Tracer le graphique d'une fonction polynomiale de degré 2	0	0%	2	< 1%
Total		711	100%	555	100%

Les résultats de cette analyse des contenus d'enseignement nous indiquent qu'une certaine emphase est mise sur la détermination et l'interprétation de l'image ou de l'antécédent d'un point par une fonction (type de tâche T^7), représentant entre 24% et 28% des tâches proposées à l'élève. À l'inverse, certaines tâches sont peu fréquentes dans les contenus d'enseignement, comme le tracé d'une fonction inverse (type de tâche T^5, entre 1% et 3%) et l'identification du degré d'une fonction polynomiale (type de tâche T^{14}, entre 1% et 3%).
En se référant aux difficultés identifiées dans le test diagnostique, nous pouvons effectuer un certain nombre de constats. Premièrement, nous voyons que la distinction entre une fonction et une relation non fonctionnelle, qui était l'objet de l'exercice 1 du test, correspond au type de tâche T^3. Ce type de tâche représente environ 7% de l'ensemble des tâches soumises aux élèves durant leur troisième année du secondaire. Toutefois, si nous ne considérons que les distinctions qui s'effectuent dans le registre graphique[6], ce pourcentage représente environ 4% de l'ensemble des tâches, pour chacun des enseignants. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce résultat lors de l'analyse ponctuelle de chaque difficulté.

Deuxièmement, nous voyons que la détermination et l'interprétation du sens de variation d'une fonction, soit le type de tâche T^{10}, représente entre 11% et 12% de l'ensemble des tâches soumises aux élèves. En considérant la tâche *3a* du test diagnostique (qui vise à déterminer le sens de variation d'une fonction inverse représentée par une table de valeurs), nous constatons que les élèves de notre échantillon ont rarement été confrontés à une tâche de ce type, c'est-à-dire en utilisant la table de valeurs comme registre de départ. En effet, cette tâche a été rencontrée soit à 2, soit à 3 reprises durant tout le troisième secondaire, selon l'enseignant. Cela peut expliquer, à notre avis, les difficultés qu'ont connues certains élèves lors de la tâche *3a-ii* du test diagnostique.

Troisièmement, nous observons que le type de tâche T^{13} (Déterminer la règle de correspondance d'une fonction inverse) représente environ 4% de l'ensemble des tâches. Or, en faisant le lien avec la tâche *3b* de notre test diagnostique, qui visait à déterminer une telle règle de correspondance à partir d'une table de valeurs, nous obtenons seulement un pourcentage total encore plus bas, soit de 2%[7].

[6] La distinction entre une fonction et une relation non fonctionnelle qui s'effectue dans le registre graphique correspond à l'une des tâches du type T^3.
[7] La détermination de la règle de correspondance d'une fonction inverse à partir d'une table de valeurs correspond à l'une des tâches du type T^{13}.

Enfin, nous désirons rapporter une observation liée à la dialectique outil-objet dans cette analyse praxéologique. Nous avons observé le pourcentage de tâches associées au caractère outil et objet dans les contenus d'enseignement des deux enseignants : entre 52% et 54% des tâches remises aux élèves durant leur troisième année du secondaire sont associées au caractère outil. Il y a donc une légère emphase qui est mise sur le caractère outil dans l'enseignement, ce qui peut potentiellement expliquer, dans une certaine mesure, la difficulté reliée à la mise en œuvre du bloc technologico-théorique chez certains élèves de notre échantillon.

Nous considérons que ces résultats expliquent en quelque sorte les difficultés rencontrées par les élèves lors du test diagnostique et montrent que les choix d'enseignement pourraient être à l'origine de certaines de ces difficultés. Toutefois, afin de cibler de façon plus précise les origines institutionnelles de ces difficultés, nous avons effectué une analyse ponctuelle de chaque difficulté, ce qui est l'objet de la sous-section suivante.

4.2 Analyse ponctuelle de chaque difficulté identifiée

L'analyse ponctuelle de chaque difficulté identifiée vise à répondre aux trois questions que nous avons formulées précédemment. Afin de répondre à ces questions, nous avons ré-analysé l'ensemble des exercices des contenus d'enseignement. Pour la première question, nous avons vérifié, pour chaque exercice demandé à l'élève, si ce dernier nécessitait ou non la mise en œuvre du bloc technologico-théorique pour parvenir à la réponse attendue. Pour la seconde question, nous avons vérifié si l'exercice donné nécessitait ou non l'élaboration d'une solution justifiée. Enfin, pour la troisième question, nous avons observé si un langage ou un symbolisme mathématique particulier était requis pour fournir la réponse attendue. Les résultats de cette analyse figurent dans le tableau ci-dessous :

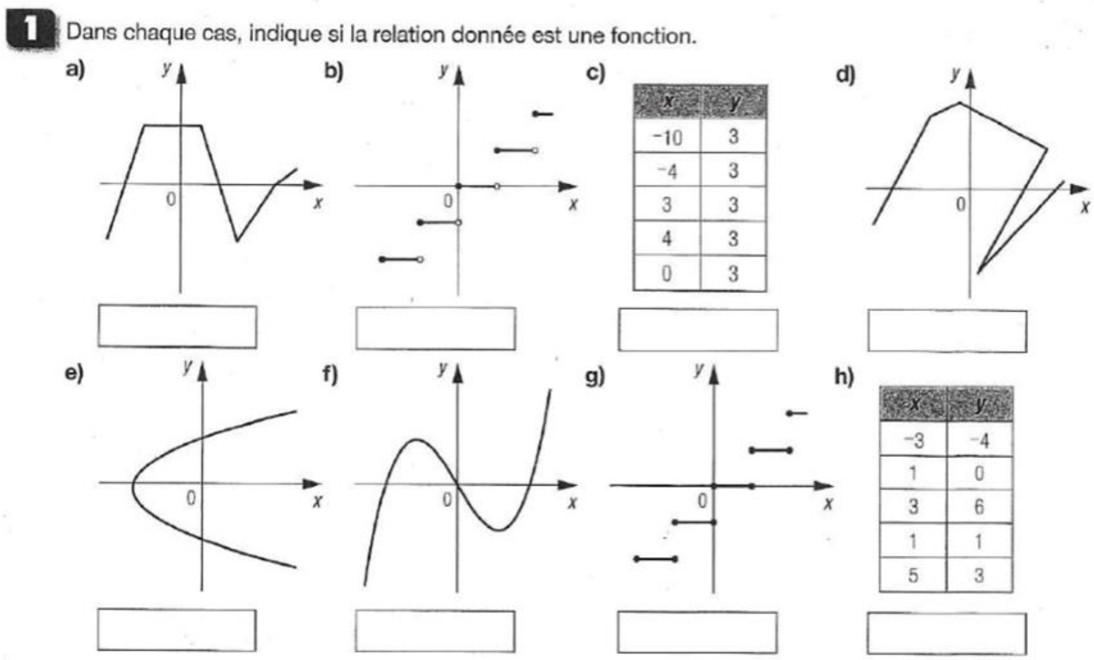
Tableau 3 : Résultats des trois aspects analysés dans les contenus d'enseignement

Rôle du bloc technologico-théorique			Élaboration d'une solution justifiée			Langage / symbolisme mathématique		
Réponse	Effectif	%	Réponse	Effectif	%	Réponse	Effectif	%
Avec bloc techno. théorique	27	8%	Solution justifiée nécessaire	84	24%	Langage/ symbolisme nécessaire	137	40%
Sans bloc techno. théorique	318	92%	Pas de solution justifiée	261	76%	Pas de langage/ symbolisme	208	60%

Cette analyse révèle des résultats que nous considérons très intéressants : dans un premier temps, nous remarquons que 92% des exercices soumis aux élèves lors de leur troisième année du secondaire ne font pas intervenir le bloc technologico-théorique ; par conséquent, nous pouvons dire que la grande majorité des exercices est axée sur le bloc pratico-technique, qui correspond à l'application d'une certaine technique enseignée en classe pour effectuer correctement des tâches routinières demandée(s). Ce constat nous fait questionner par rapport à l'utilisation du bloc technologico-théorique par les enseignants lors de leurs enseignements.

À ce sujet, nous voulons apporter quelques précisions par rapport à ce que nous avons rapporté précédemment, en lien avec l'exercice 1 du test diagnostique et les effectifs observés lors de l'analyse praxéologique. Nous avons mentionné que les tâches représentant la distinction entre une fonction et une relation non fonctionnelle à l'aide d'une représentation graphique correspondent à environ 4% de l'ensemble des tâches soumises aux élèves. En considérant la mise en œuvre du bloc technologico-théorique en vue de justifier la réponse par rapport à cette distinction, nous remarquons que ces tâches sont très peu présentes dans l'enseignement. Par exemple, parmi les 40 tâches du type T^3 (Distinguer une fonction d'une relation non fonctionnelle) proposées par l'enseignant E_2, seulement 5 nécessitent une justification de la part de l'élève[8]. Ainsi, la plupart des exercices demandés aux élèves en lien avec la distinction entre une fonction et une relation non fonctionnelle sont des exercices où aucune justification n'est demandée. Un exemple d'un tel exercice, tiré des contenus d'enseignement de l'un des deux enseignants, figure ci-dessous :

Figure 9 : Exemple d'un exercice soumis aux élèves par l'un des enseignants



De façon similaire, la faible mise en œuvre du bloc technologico-théorique est également observable pour les tâches de type T^{10} (Déterminer et interpréter le sens de variation d'une fonction) : parmi les 61 tâches de ce type qui ont été proposées par l'enseignant E_2, seulement 2 nécessitent une justification de la part de l'élève[9].

Dans un deuxième temps, les résultats du tableau 3 nous indiquent que 76% des exercices proposés aux élèves ne nécessitent pas de solution justifiée. Ce haut pourcentage reflète évidemment le type d'exercices qui est proposé aux élèves lors de leur troisième année du secondaire par leur enseignant : la figure 9 ci-haut est d'ailleurs un exemple d'un exercice dans

[8] Un constat similaire a été également fait pour l'enseignant E_1.
[9] Un constat similaire a été également fait pour l'enseignant E_1.

lequel l'élève n'a pas à élaborer de solution ou de réponse justifiée, étant donné que la réponse attendue est une réponse courte du type « Oui » ou « Non ». Nous croyons également que ce haut pourcentage reflète la culture mathématique qui est développée en classe : elle correspond en quelque sorte au contrat didactique liant l'enseignant à l'élève, et vient préciser ce qui est attendu de la part de ce dernier dans la réalisation de tâches. Afin d'illustrer cette culture mathématique, observons l'exemple suivant, qui provient du corrigé de l'un des deux enseignants dont les contenus d'enseignement ont été analysés :

Figure 10 : Corrigé d'un exercice soumis aux élèves par l'un des enseignants

\# 5. Pour concevoir un dépliant publicitaire, une agence de publicité charge 500 $. Par la suite, l'agence demande 0,15 $ pour imprimer chaque dépliant.

a) Complète la table de valeurs de cette situation.

Nombre de dépliants	0	100	250	500	1000	3000	5000
Coût total ($)	500	515	537,50	575	650	950	1250

b) Combien de dépliants peut-on produire si on dispose d'un budget de 12 500 $?

80 000 dépliants

c) Si on ne veut pas dépasser notre budget qui est de 10 000 $, combien de dépliants pourra-t-on faire produire ?

63 333 dépliants

Cet exercice, décomposé en trois tâches (*a-b-c*), correspond à une modélisation d'une situation à l'aide d'une fonction affine. Dans la tâche *a*, qui consiste à effectuer une opération de conversion du registre verbal au registre tabulaire, nous pouvons voir que la réponse de l'enseignant se limite à la réponse finale attendue, soit la table de valeurs complétée. Pourtant, nous considérons qu'un certain nombre de calculs numériques doivent être faits par l'élève afin d'arriver à compléter correctement cette table de valeurs, et que c'est la relation affine qui devrait être mise en évidence à travers les calculs demandés. Il en va de même pour les tâches *b* et *c*, où la réponse attendue nécessite un calcul numérique et une justification qui ne figurent pas au corrigé de l'enseignant. Cela contribue, à notre avis, à développer chez les élèves qui consultent ce corrigé une culture mathématique où la rédaction de solutions justifiées n'est pas mise en valeur. Nous croyons que si l'enseignant n'accorde que peu d'importance à la rédaction de la démarche produite par l'élève pour arriver à sa réponse, nous pouvons supposer que ce dernier aura développé le réflexe de fournir d'emblée des solutions non justifiées ou comportant des justifications incomplètes.

Dans un troisième temps, le tableau 3 établit que 60% des exercices soumis aux élèves ne nécessitent pas l'utilisation d'un langage ou d'un symbolisme mathématique particulier pour parvenir à la réponse attendue. Nous remarquons d'abord que le manque d'importance accordée à la rédaction des démarches des solutions diminue, pour les élèves, les occasions de se familiariser avec le langage mathématique.

Nous faisons ici un lien avec la tâche *3b* du test diagnostique, lors de laquelle une conversion du registre tabulaire vers le registre algébrique était requise. Rappelons que plusieurs élèves ont rencontré des difficultés liées au symbolisme mathématique lors de la réalisation de cette tâche. Les résultats de l'analyse praxéologique montrent qu'environ 16% des tâches correspondent à une opération de conversion vers le registre algébrique (tous registres de départ confondus). Il semble donc que les élèves n'utilisent pas le registre algébrique très fréquemment pour justifier et formuler leurs réponses, ce qui peut également expliquer les difficultés rencontrées.

Nous faisons également un lien avec l'exercice 1 du test diagnostique, étant donné que c'est dans cet exercice que l'utilisation d'un langage mathématique a été considérée comme une difficulté chez plusieurs élèves. L'analyse praxéologique que nous avons effectuée révèle que les opérations de conversion vers le registre verbal (tous registres de départ confondus) représentent environ 4% de l'ensemble des tâches des contenus d'enseignement. Ainsi, il est très peu fréquent, pour ces élèves, de devoir exprimer une réponse dans le registre verbal : cela ne leur donne que très peu d'occasions pour utiliser le langage mathématique pour fournir la réponse attendue, ce qui peut expliquer les difficultés que nous avons décelées à l'aide du test diagnostique.

Ainsi, considérant que, selon Duval (1993), une sous-estimation dans l'utilisation de certains registres et dans l'utilisation de certaines opérations peut engendrer un impact négatif sur les possibilités d'apprentissage de l'élève, nous croyons que la présence plus faible de ces types de conversions dans les contenus d'enseignement peut correspondre à une origine institutionnelle de cette difficulté.

Conclusion

Cette recherche montre, dans un premier temps, que plusieurs élèves qui se trouvent à la fin de leur troisième année du secondaire semblent éprouver certaines difficultés par rapport à la notion de fonction. Les principales difficultés que nous avons identifiées sont la mise en œuvre des éléments technologico-théoriques associés aux notions fonctionnelles, l'utilisation correcte d'un langage et d'un symbolisme mathématique, et la rédaction de justifications correctes aux réponses ou aux techniques de résolution utilisées. L'analyse praxéologique des contenus d'enseignement nous a permis de constater que la forte majorité des exercices soumis aux élèves est axée sur le bloc pratico-technique des praxéologies mathématiques concernées, que les solutions justifiées sont rarement requises dans le travail donné aux élèves, et qu'une majorité des exercices proposés n'exige pas, non plus, de langage ou de symbolisme mathématique particulier lors de la manipulation des fonctions.

Ces observations nous amènent à constater que les enseignants semblent focaliser leurs enseignements des fonctions sur l'acquisition de compétences permettant aux élèves d'arriver à produire des réponses finales correctes, mais semblent également sous-estimer à la fois l'acquisition du savoir mathématique sous-jacent aux techniques de réalisation qui sont utilisées et à la rédaction de justifications valides.

L'ensemble de ces constats pose la question de la dialectique savoir-compétence dans l'enseignement des mathématiques, ce qui nous fait reconsidérer la place du savoir par rapport aux compétences développées par les élèves lors de l'apprentissage des fonctions, et de façon plus générale, des mathématiques au niveau du secondaire québécois.

Bibliographie

Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique. *Actes de l'Université d'été de La Rochelle,* p.91-120. Repéré à http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=27

Coppé, S., Dorier, J-L., et Yavuz I. (2006). Éléments d'analyse sur le programme de 2000 concernant l'enseignement des fonctions en seconde. *Petit x, 71,* p.29-60.

Creswell, J. (2015). *A Concise Introduction to Mixed Methods Research.* SAGE Publications.

Douady, R. (1983). Rapport enseignement-apprentissage : Dialectique outil-objet, jeux de cadres. *Cahiers de didactique des mathématiques, 3.* Repéré à http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/up/publications/IPS00002.pdf

Drolet, D. (2012). *Évaluation du niveau de compréhension des étudiants issus du renouveau pédagogique à l'égard du concept de fonction.* (Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal). Repéré à https://archipel.uqam.ca/5193/

Duval, R. (1988). Graphiques et équations : l'articulation de deux registres. *Annales de Didactique et de Sciences cognitives, 1,* p.235-253. Repéré à http://mathinfo.unistra.fr/irem/publications/adsc/#c62323

Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de Sciences cognitives, 5,* p.37-65. Repéré à http://mathinfo.unistra.fr/irem/publications/adsc/#c62323

Hitt, F. (1998). Difficulties in the Articulation of Different Representations Linked to the Concept of Function*. Journal of Mathematical behavior, 17(1),* p.123-134. https://doi.org/10.1016/S0732-3123(99)80064-9

Ministère de l'éducation et de l'enseignement supérieur (MEES). (2016). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, deuxième cycle.* Les Publications du Québec.

Sajka, M. (2003). A secondary school students' understanding of the concept of function – A case study. *Educational Studies in Mathematics, 53(3),* p.229-254. Repéré à https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1026033415747

Schwarz, B. et Dreyfus, T. (1995). New actions upon old objects : a new ontological perspective on functions. *Educational Studies in Mathematics, 29(3)*, p.259-291. Repéré à https://link.springer.com/article/10.1007/BF01274094

Praxéologies enseignantes à l'égard du développement de la pensée algébrique chez les élèves du collège

Saïd Abouhanifa[1] & Najia Benkenza[2]

Résumé

Cet article porte sur l'état de connaissances des enseignants de mathématique en rapport avec l'enseignement de l'algèbre au collège. Notre cadre de référence nous a conduits à questionner les praxéologies enseignantes à travers la portée de la planification des activités et leur réalisation en classe. Le but donc, est de dévoiler les pratiques qui favorisent chez les élèves, le déplacement d'une pensée centrée sur les objets en une autre centrée sur les relations.
Les résultats d'une analyse des orientations pédagogiques, d'un manuel scolaire et des cahiers des élèves, ainsi qu'une enquête, auprès des enseignants de mathématique au secondaire collégial, nous ont servis d'ancrage pour exhiber des éléments de réponse à la question de la prise en considération des enseignants sur les aspects du développement de la pensée algébrique chez les élèves.

Mots clés : pensée algébrique, praxéologies enseignantes, algèbre, apprentissage et enseignement.

Introduction

Dans le système scolaire marocain, l'algèbre élémentaire s'enseigne pour la première fois dans les classes du secondaire collégial aux élèves à l'âge de 12 à 15 ans. Les orientations pédagogiques de mathématiques du secondaire collégial au Maroc (2009) en vigueur recommandent l'étude de l'entrée en algèbre, elles envisagent deux facettes de l'introduction de l'algèbre dans les premiers apprentissages du secondaire collégial. Cette organisation mathématique globale recommandée dans le domaine de l'algèbre se décompose donc, en deux organisations régionales, la première s'occupe des expressions algébriques et la deuxième se consacre à la résolution des équations de premier degré. Cette constitution de l'algèbre dans les orientations pédagogiques dans chacun de ces niveaux d'organisation, proclame le niveau scolaire à travers lequel l'algèbre est introduite de façon explicite ; détermine aussi l'approche privilégiée par les enseignants interrogés sur la nécessité d'envisager des apprentissages visés en algèbre ainsi que la progression utilisée.
Par ailleurs, les praxéologies enseignantes, effectives et déclarées, ne se réfèrent guère en mathématiques au niveau des secteurs et des domaines, mais se limitent aux sujets ou thèmes à enseigner.
Le geste professionnel de l'enseignant est complexe, car il est appelé à planifier et préparer une séquence, la mettre en œuvre en classe et évaluer les apprentissages des élèves, sont les phases

[1] CRMEF Casablanca-Settat, SP- Settat, Laboratoire ingénierie didactique et dynamique des systèmes, Maroc.
[2] CRMEF Casablanca-Settat, SP- d'El Jadida, Maroc

d'une activité complexe que des analyses diverses et complémentaires permettent, ensemble, d'éclairer.
Dans ce travail, nous proposerons de décrire, d'expliquer et de comprendre les dimensions praxéologiques (Chevallard, 1999) de la façon de faire des enseignants de mathématiques au collège, relativement à l'enseignement de l'algèbre, et de dévoiler l'organisation mathématique utilisée par quelques enseignants, à travers les différents outils de collecte de données. Il s'inscrit en fait dans une perspective d'identifier l'état de connaissances des enseignants de mathématiques, sur les aspects de la pensée algébrique qui se manifestent dans l'enseignement de l'algèbre au collège. Cette question, du développement de la pensée algébrique, a été étudiée par plusieurs chercheurs (Booth 1984 ; Vergniaud 1987 ; Chevillard 1989 et 1990 ; Kieran 1990). De même des courants institutionnels, comme celui d'Early Algebra et au Québec (Marchand & Bednarz 1999, Squalli, Mary & Marchand 2011, Squalli, Suurtamm & Freiman 2012). Bronner (2015) a signalé qu'en France aussi, plusieurs travaux de recherche traitent les difficultés de la construction de la pensée algébrique.
En s'appuyant sur ces travaux, nous supposons que, de par les pratiques qui contribuent à l'efficacité de l'enseignement de l'algèbre élémentaire au collège, certains ont une incidence plus grande sur le développement de la pensée algébrique. Ainsi, il est primordial de discerner particulièrement, comment peut-on envisager, des séquences d'enseignement, afin d'identifier le potentiel des pratiques pertinentes pour développer et soutenir le développement des praxéologies enseignantes pour que l'enseignant de mathématique soit en mesure de développer chez les élèves un mode approprié de l'enseignement de l'algèbre, favorisant le déplacement d'une pensée centrée sur les objets en une autre centrée sur les relations.
Nous présentons dans un premier temps l'étude de l'enseignement de l'algèbre élémentaire qui s'enseigne pour la première fois dans les classes du secondaire collégial, avant d'étudier dans un second temps le potentiel des praxéologies enseignantes qui favorisent le développement de la pensée algébrique chez les élèves ayant récemment suivi des cours en algèbre élémentaire.

1. Eclairages théoriques sur l'enseignement de l'algèbre élémentaire

La notion d'algèbre est l'un des domaines de l'organisation mathématique qui permet d'exprimer les propriétés des opérations et le traitement des équations et aboutit à l'étude des structures algébriques. Selon Lee (1997), il existe une multitude d'avenues en ce qui concerne la notion d'algèbre. En effet, elle présente six représentations différentes qui ressortent d'une recherche où elle a été demandé à des enseignants, des didacticiens et des mathématiciens ce qu'était pour eux l'algèbre. Elle a indiqué qu'il y a l'algèbre en tant que langage, manière de penser, matière scolaire, outil, activité et arithmétique généralisé. Elle conclue par ailleurs qu'il n'existe pas de consensus à ce sujet.
Selon Kaput (1995), l'algèbre doit être décrite selon deux types de visions : comme un ensemble d'artefacts culturels implicitement partagés lorsque les différentes activités algébriques sont réalisées et comme une manière de penser (généralisation, abstraction, justification, etc.). Il distingue également cinq aspects importants qui concernent l'essence du raisonnement algébrique (la généralisation et le formalisme algébrique), les sujets mathématiques importants (étude des structures et des systèmes abstraits de l'arithmétique comme les relations et les fonctions) et le langage utilisé (outil de modélisation).
Quant à Redford (2006, 2008, 2014) qui ne définit pas clairement l'algèbre, mais il a pu relever trois grandes caractéristiques de la pensée algébrique :

- L'indétermination, c'est à dire que la situation avec laquelle l'élève travaille contient des quantités dont les valeurs sont non déterminées ;
- La dénotation qui concerne la capacité à designer des quantités inconnues ;
- L'analycité qui fait référence à la capacité d'opérer sur l'inconnue.

Le développement de la pensée algébrique dans le contexte de résolution de problèmes est conditionné par le développement du raisonnement analytique, qui consiste à considérer les inconnues, les représenter par des symboles, à opérer sur ces symboles pour former les relations et équations et à finalement, à trouver les valeurs des inconnues. (Squalli et al., accepté). Pour Sierpinska (1999), l'algèbre est un produit de la pensée analytique qui nécessite un fonctionnement cognitif particulier. C'est à dire, une pensée qui s'appuie sur des systèmes de représentation externes et conventionnels, qui permettent d'entrer en contact avec un objet à partir d'une description verbale. Dans le sujet de l'émergence et de développement conceptuel de l'algèbre, Radford (1993) a considéré, par contre, dans l'algèbre, on développe des procédures de résolution de problèmes dans lesquelles l'inconnue est supposée connue (c'est l'aspect analytique) et elle est opérée (c'est l'aspect opération de l'inconnue (cf. Filloy et Rojano, 1989)); au cours de la résolution, l'inconnue exprime une égalité (une équation) entre termes (non nécessairement exprimés sous forme symbolique) comprenant l'inconnue. De plus, il y a un raisonnement sur une équation.
Le passage de l'arithmétique à l'algèbre impose une rupture entre deux modes de pensée impliquant une évolution dans la façon d'interpréter certains concepts mathématiques.
Plusieurs études (Booth, 1988 ; Chevallard, 1989 ; Kieran, 1994 ; Vlassis & Demonty, 1999 ; Subramaaiam, 2004) ont déjà fait l'objet de cette problématique. La pensée algébrique est notamment sollicitée lors de la conversion du langage naturel au langage algébrique.
Ces différents questionnements ont amené les chercheurs à réfléchir au lien entre l'arithmétique et l'algèbre. Pour Filloy et Rojano (1984), il existe une barrière claire entre ces deux domaines, par exemple dans les équations avec des inconnues des deux côtés de l'égalité qui appartiennent exclusivement au domaine de l'algèbre. L'arithmétique et l'algèbre sont donc deux domaines distincts selon eux.

2. Les approches didactiques pour l'entrée à l'algèbre au collège

Dans l'exploitation des approches didactiques, Squalli et al. (2015) ont exprimé les différents éventails curriculaires pour l'introduction de l'algèbre élémentaire au collège. À travers ces options, l'algèbre peut être introduite soit par l'apprentissage de son langage algébrique, soit dans le cadre de la résolution de problèmes, soit dans un contexte de généralisations ou dans un contexte d'étude de relations fonctionnelles.

2.1. Introduire l'algèbre par l'apprentissage de son langage algébrique

Ce choix tire son fondement du fait que l'apprentissage de l'algèbre nécessite un rapprochement assez rapide à celui du langage algébrique. En effet, sans une certaine maîtrise conceptuelle et technique de ce dernier, l'algèbre ne peut pas être véritablement utilisée, particulièrement pour résoudre des problèmes. Cependant, lorsque l'on introduit l'algèbre par l'aspect de son langage algébrique, un problème didactique peut se poser. En effet, introduire pour la première fois l'emploi des lettres, posera problème et peut justifier le recours au symbolisme algébrique. Squalli et al. (2015) ont rappelé d'une solution, traditionnelle, qui consiste à introduire les lettres et le calcul littéral de manière brusque, c'est-à-dire, introduire le langage algébrique de manière formelle. Dans une telle approche les règles du calcul algébrique sont déduites d'un certain nombre de règles préalables ; les exemples numériques ne sont utilisés que pour illustrer le calcul algébrique.
Ils ont montré par la suite que cette solution a montré ses limites, car les élèves finissent par n'accorder aucune signification à l'algèbre. Par conséquent, une autre solution s'est établie pendant plusieurs siècles sur une distinction fondamentale : celle entre l'arithmétique et l'algèbre (Chevallard, 1989b). L'algèbre était présentée comme un outil puissant pour résoudre des

problèmes complexes d'arithmétique, et pour proposer des méthodes générales de résolution de classes de problèmes.

2.2. Introduire l'algèbre dans le cadre de la résolution de problèmes

En algèbre, penser de manière analytique, s'explique donc, par la capacité de réfléchir sur les relations et à se servir de l'inconnue comme si elle était déjà connue pour en tirer des conclusions nécessaires, Adihou et al. (2015). C'est en fait, accepter de considérer l'inconnue et opérer sur elle comme on opère sur ce qui est connu. À l'opposé, en arithmétique l'élève a l'habitude de déterminer la valeur de l'inconnue en partant des données connues et en opérant uniquement sur ces données (Bednarz et Janvier, 1996 ; Rojano, 1996 ; Squalli, 2002). Pour favoriser l'émergence chez les élèves d'un tel raisonnement, on doit utiliser des problèmes dits déconnectés (Bednarz et Janvier, 1996), dont la structure ne permet pas l'établissement d'un lien direct entre deux quantités connues du problème.

2.3. Introduire l'algèbre dans un contexte de généralisations

Dans cette approche, le véritable objectif d'apprentissage est d'amener les élèves à généraliser, à formuler et à justifier leurs généralisations.
La généralisation de l'arithmétique est le raisonnement sur des opérations et des propriétés associées à des nombres (Carpenter, Franke, et Levi, 2003). La généralisation de l'arithmétique consiste à aller au-delà des calculs de nombres particuliers pour explorer la structure mathématique sous-jacente de l'arithmétique en identifiant les régularités trouvées en arithmétique. Dans cette optique, les élèves peuvent développer leur raisonnement algébrique de diverses façons : Exploration des propriétés et des relations, exploration de l'égalité en tant que relation entre des quantités et l'utilisation des symboles algébriques comme variables.
La voie d'entrée à l'enseignement de l'algèbre par un processus de généralisation mette l'accent sur le développement de cette composante essentielle de la pensée algébrique. Selon Mason (1996), généraliser c'est extraire des conclusions valables pour tous les cas à partir de quelques exemples. La généralisation peut avoir comme objet :

- Une régularité géométrique ou numérique ;
- Une propriété d'une ou de plusieurs opérations (commutativité de l'addition ; distributivité de la multiplication par rapport à l'addition) ;
- Une formule (l'aire d'un carré de côté a est a^2) ;
- La règle d'une relation fonctionnelle ;
- Un procédé général de calcul, (un algorithme de l'addition) ;
- Une proposition mathématique, (le produit de deux nombres entiers consécutifs est un nombre pair). Le développement de la généralisation peut commencer bien avant l'usage des lettes. Bien plus, la généralisation renforce la tendance à symboliser ; puisque pour décrire une généralité on a tendance à recourir à un langage général.

2.4. Introduire l'algèbre dans un contexte d'étude de relations fonctionnelles

La pensée fonctionnelle consiste à analyser des régularités (numériques et géométriques) pour identifier un changement et reconnaître la relation entre deux ensembles de nombres (Beatty et Bruce, 2012). Cette méthode implique l'étude de la façon dont certaines quantités sont liées à d'autres quantités, ou encore modifiées ou transformées par celles-ci. La pensée fonctionnelle est une autre forme de généralisation. Une fonction est une relation particulière entre deux ensembles de données telle que, chaque élément d'un ensemble est associé à un élément unique d'un autre ensemble. La représentation visuelle des régularités (figures, images, etc.) permet aux élèves de

penser à des relations entre des quantités allant au-delà des calculs en arithmétique. Les élèves peuvent développer leur pensée fonctionnelle de diverses façons : Généralisation des régularités, généralisation des suites non numériques et l'utilisation des opérations inverses.
L'objectif dans cette approche est de faire apprendre à décrire, à manipuler et à interpréter des relations fonctionnelles algébriques, c'est-à-dire celles pouvant être représentées par des expressions algébriques. La principale caractéristique de cette approche est que dans le type de relations qu'on étudie, il y a l'idée de variation.
L'introduction de l'algèbre par les fonctions nécessite l'utilisation de moyens d'aide à l'apprentissage permettant à l'élève de pallier son manque d'habilités à résoudre des équations algébriques complexes, à exécuter certains calculs algébriques complexes ; à représenter graphiquement une relation fonctionnelle à partir de son écriture algébrique ou l'inverse, à générer une fonction à partir d'un tableau de données numériques. Le recours à des moyens technologiques semble incontournable pour l'usage efficace en classe.

3. Praxéologies didactiques spécifiques au développement de la pensée algébrique

La théorie anthropologique permet d'analyser l'organisation mathématique et didactique, ensuite les gestes professionnels de l'enseignant. Cette théorie conduit à une autre vue sur le geste professionnel comme étant une praxéologie liée à une tâche d'enseignement.
L'approche anthropologique comporte une théorie des organisations praxéologiques de l'étude, appelées organisations didactiques, et décrites notamment en tenue de « moments de l'étude ». L'analyse en tenue d'organisation mathématique permet par ailleurs d'identifier des conséquences immédiates portant sur l'organisation didactique, (Chevallard 1992).
Après des besoins de savoirs relatifs au développement de la pensée algébrique, l'étude de cas permet d'illustrer la nécessité de mettre en œuvre des praxéologies didactiques spécifiques à l'enseignement de l'algèbre élémentaire. Pratiques qui révèlent la généricité des savoirs sous la contingence des techniques utilisées pour résoudre un problème singulier posé par le réel.
La notion de praxéologie nous permet d'analyser les organisations mathématiques mises en place par les enseignants et les apprentissages construits chez les élèves ; une praxéologie étant définie par un quadruplet (type de tâches, technique, technologie, théorie). Les praxéologies peuvent ne pas être exprimées complètement, (Chevallard 1997).
« Une praxéologie est donc constituée d'une part, d'un type de tâches et d'une technique (c'est -à-dire d'un savoir-faire relatif à l'accomplissement d'un type de tâches, ou bloc pratico-technique) et, d'autre part, d'une dimension technologique et d'une dimension théorique, qui jouent toutes deux le rôle de « discours » porté sur le bloc pratico-technique. Le nécessaire complément technologico-théorique introduit par les praxéologies permet de tenir compte du pensé et de l'impensé des pratiques ; en particulier, lorsque l'on s'intéresse à celles relevant de l'enseignement, au pensé et à l'impensé des pratiques enseignantes depuis la position de l'enseignant de mathématiques ».
Les démarches sur les pratiques des enseignants qui fournissent des apports sur les possibilités d'un enseignement visant le développement de la pensée algébrique avant l'introduction de la notation algébrique conventionnelle, doivent prendre en compte les aspects suivants :
Relativement au savoir : quelle place occupe ces objets de l'algèbre en classe du collège, relativement aux orientations pédagogiques dans chacun de ces niveaux ? Quel changement peut-on pressentir par rapport aux programmes ?
Relativement à l'enseignant : quelles sont les conditions et les contraintes de l'enseignant dans la mise en œuvre de l'enseignement de ces objets ?

Relativement à l'élève : reprendre le concept d'équation au collège, est-ce bien utile ? Quel est l'état des savoirs de l'élève à ce niveau ? Quel détour peut-on envisager pour faciliter l'apprentissage de concepts algébriques ?
Le présent travail a pour ambition de tenter de répondre, au moins partiellement, à ces questions.

4. Méthodologie

Cette étude a porté sur l'identification des pratiques déclarées et observées des enseignants, dans l'élaboration et la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement en algèbre destinée à des élèves du collège. Nous avons tenté de dévoiler les contraintes institutionnelles qui pèsent sur l'attitude de l'enseignant, lorsqu'on envisage l'enseignement de l'algèbre pour le niveau premier année du collège, plus spécifiquement, lorsqu'il s'agit de prévoir l'organisation et la gestion de l'introduction officielle des expressions algébriques et des équations de premier degré. Ce qui revient à étudier la façon de repérer, des séquences d'enseignement, afin d'identifier le potentiel des pratiques pertinentes pour développer et soutenir le développement des praxéologies enseignantes pour que l'enseignant de mathématique soit en mesure de développer chez les élèves un mode approprié de l'enseignement de l'algèbre, favorisant le déplacement d'une pensée centrée sur les objets en une autre centrée sur les relations.
Afin de donner des éléments de réponse à cette question de recherche, nous avons analysé, les orientations pédagogiques 2009 et un manuel scolaire (nous l'avons considéré comme élément témoin d'une première opérationnalisation des orientations pédagogiques officielles). Nous avons complété cette première étude par une enquête auprès des enseignants de mathématiques au collège : nous avons sollicité leurs choix didactiques et pédagogiques, lorsqu'il s'agit de prévoir l'organisation et la gestion de l'introduction officielle des expressions algébriques et des équations en classe de la première année du collège. Dans la suite de cette étude, nous articulons les résultats des différents volets d'attaques. Plus spécifiquement, nous voulons, d'une part, identifier et analyser les documents officiels et ceux construits par les enseignants (fiches de préparations, cahiers des élèves, ..), autant la dimension ressource que les aspects d'usage individuels développés par les enseignants. D'autre part, décrire les praxéologies enseignantes manifestées par ces enseignants.
Pour se faire, nous avons adopté deux manières de collecte de données : la première manière, s'est effectuée dans une période de formation sur le module de planification des apprentissages ; nous avons interrogé 50 enseignants novices, de mathématiques recrutées sous contrat (RSC), de répondre à des tâches spécifies. En effet, après avoir analysé les orientations pédagogiques du secondaire collégial sur la question de l'entrée à l'algèbre, selon les deux aspects épistémologiques correspondants aux expressions algébriques et aux équations ; c'est-à-dire, leurs conceptions quand ils interprètent les expressions algébriques et les équations dans les différents registres de représentations sémiotiques. En précisant, une lecture qui persiste par les enseignants sur ses différents aspects et sur l'articulation possible entre une organisation mathématique et celle didactique. Dans la deuxième façon, nous avons administré un questionnaire à des enseignants ayant une langue expérience dans l'enseignement des mathématiques au collège et analyser des cahiers des élèves (cahiers de cours de l'algèbre) de sept enseignants, à travers lesquels nous tentons de dévoiler les démarches et les pratiques des enseignants qui fournissent des apports sur les possibilités d'un enseignement visant le développement de la pensée algébrique avant l'introduction de la notation algébrique conventionnelle.
Sur la base de l'analyse des orientations pédagogiques, les enseignants interrogés sont appelés à examiner la question des raisons d'être des expressions algébriques et des équations, qui peuvent se manifester, et d'éclairer par la suite, l'organisation mathématiques possible, en exprimant la manière d'exploiter les documents d'accompagnement de l'enseignant dans les pratiques d'enseignements.

Le questionnaire qui a été administré aux enseignants de chaque classe interrogée par cette étude pour décrire, des informations générales sur les aspects suivants (nombre d'années d'enseignement, l'utilisation d'un manuel scolaire, la fréquence et le degré d'utilisation du manuel, but d'utilisation du manuel). Ensuite, les conceptions de ses enseignants sur l'enseignement de l'algèbre (nous voulons savoir, est-ce que le raisonnement algébrique, selon leurs conceptions, consiste à : décrire des régularités caractérisant des relations entre des quantités ; il est différent à l'arithmétique, qui consiste à effectuer des calculs portant sur des quantités connues ; ou il consiste à généraliser des idées mathématiques ; à identifier des structures mathématiques ; ou uniquement manipuler des symboles ; Autres). Enfin, des informations sur la passation du questionnaire aux élèves (les questions posées par les élèves ont porté sur la clarification de l'énoncé du problème, aide demandée pour résoudre le problème et la validation de la réponse obtenue).

Nous avons adopté la notion d'organisation mathématique, comme étant le fruit des derniers développements de l'approche anthropologique en didactique, pour construire des réponses à ces questions ; cet article la présente sous forme illustrée ainsi que son usage.

5. Résultats

5.1. Les orientations pédagogiques et certains traits d'entrée à l'enseignement de l'algèbre au collège

Les orientations pédagogiques de 2009 de la première année du collège, s'organisent selon trois domaines d'activité : activités d'organisation et de gestion de données et fonctions, activités des nombres et calculs, et ensuite les activités géométriques. L'apparition du domaine de l'algèbre prendra sa place dans les deux premières parties, à savoir, le calcul numérique, à travers lequel, l'élève est appelé à maîtriser les nombres décimaux relatifs, les nombres rationnels et les racines carrées, et sensibiliser au calcul littéral (technique de développement et factorisation), ensuite résoudre des équations et des inéquations. Dans la deuxième partie, il s'agit d'organisation et gestion de données et fonctions, où l'élève est appelé à maîtriser quelques outils statistiques à des fins d'usages dans d'autres disciplines et dans la vie de tous les jours. Sans ignorer la proportionnalité comme étant un sujet incontournable dans l'articulation entre les trois domaines d'activité.

Organisation mathématique régionale : Expressions algébriques

Les expressions algébriques se convertissent selon trois organisations locales qui sont ; la génération des expressions, l'équivalence des expressions et la transformation des expressions.

Concernant la génération des expressions : les genres de tâches à développer, il s'agit de produire des expressions, traduire les expressions et associer les expressions. Les techniques exploitées pour la manière de faire de ces tâches sont : choisir les variables et exprimer des relations entre grandeurs d'un registre vers un autre registre. Les éléments technologico-théoriques tournent autour des règles de conversion d'un registre de représentation à un autre, les règles de formation des expressions algébriques et le rôle des opérateurs et des parenthèses.

Concernant l'équivalence des expressions : Les genres de tâches à développer dans cette organisation locale sont ; tester l'équivalence de deux expressions, prouver que deux expressions sont équivalentes, identifier la structure et choisir l'expression la plus adaptée.

Pour les techniques utilisées pour la façon de faire de ces tâches, il s'agit de comparer des écritures développées réduites et identifier l'opérateur de plus haut niveau.

Quant aux éléments technologico-théoriques, ils touchent la sémantique des expressions algébriques, la structure, le sens et la dénotation, la quantification des énoncés, les règles de formation des expressions algébriques et les rôles des opérateurs et des parenthèses.

Concernant la transformation des expressions : Les genres de tâches à développer dans cette organisation locale sont : développer, factoriser, réécrire un monôme, évaluer une expression algébrique pour des valeurs données de la variable. Pour les techniques utilisées pour la façon

de faire de ces tâches, ils s'accomplissent par identifier la propriété à appliquer à partir de la reconnaissance de la structure et déterminer les réécritures à opérer. Les éléments technologico-théoriques, font appel aux propriétés des opérateurs (associativité, commutativité), à la propriété de distributivité et à la convention d'écriture.
Organisation mathématique régionale : Les équations
Génération des équations : les principaux genres de tâche sont : modéliser (mettre en équation) un problème en sollicitant la lettre, traduire un problème en équation (différent de modéliser car la lettre ou le symbole est donnée) et associer un problème et une équation.
Les techniques utilisées sont justifiées par les règles de conversions entre registres, le rôle des opérateurs de base, puissances, priorités opératoires.
Transformations algébriques : les principaux genres de tâche sont dominées par « résoudre » : il s'agit de transformer algébriquement une équation en une équation équivalente en vue de pouvoir déterminer l'ensemble des solutions et prouver que deux équations sont (ou ne sont pas) équivalentes. Les techniques sont justifiées par les propriétés de conservation de l'égalité (ajout d'un même nombre, multiplication par un nombre non nul) et aussi des techniques guidées par des discours pratiques (exemple ; isoler l'inconnue).
Structure et solutions : Les principaux genres de tâche sont, dénombrer les solutions d'une équation, tester si un nombre est solution d'une équation, identifier la structure, le degré d'une équation et écrire une équation d'une structure donnée, d'un degré donné, ayant des solutions données. Les techniques sont justifiées par les propriétés des polynômes (notamment racines et degré).

5.2. Esquisse de l'analyse d'un manuel scolaire

Nous distinguons trois grandes parties dominantes du manuel scolaire : activités, cours et savoir-faire, et exercices. Pour chaque partie, nous identifions les organisations praxéologiques travaillées, leur poids et les articulations mises en évidence dans ce manuel. Nous agrégeons à chacune de ces parties plusieurs moments didactiques (Chevallard, 1998), qui correspondent en quelque sorte à leur « fonction », et nous précisons les éléments sur lesquels nous nous concentrons pour les analyses.
Concernant les activités : Elles donnent le moment de première rencontre et préparent la construction du discours technologique justifiant les techniques dans des problèmes de généralisation, de preuve, de mise en équations. Nous essayons de dévoiler dans cette partie, les raisons d'être des lettres, des expressions algébriques et des équations. Sans ignorer la prise en compte de changements de registres dans l'établissement de ces activités.
Quant aux cours et savoir-faire, ils représentent le moment d'institutionnalisation du savoir en question, en précisant le discours technologique qui justifie la technique illustrée. Sans oublier aussi, d'énoncer les moyens de contrôle qui sont présentés.
Concernant la partie des exercices : Elle rappelle le moment de travail de la technique et la prise en compte des types de tâches des organisations mathématiques de référence.
Dans ce manuel, nous pouvons constater différents aspects relatifs aux expressions algébriques et aux équations. En effet, nous avons enregistré peu de problèmes de production d'expressions pour généraliser. Il y a possibilité d'exploité l'expression algébrique comme moyen de représenter symboliquement des grandeurs ou des relations données en langage naturel, mais il reste loin de la démarche de résolution de problèmes algébriques. Nous constatons aussi que la plupart des expressions utilisées ne sont pas motivées et directement étudiées comme objet.
Dans ce manuel, la motivation des expressions algébriques dans des problèmes relevant de l'algèbre est démesurée. La raison d'être de la distributivité comme propriété pour prouver l'équivalence de programmes de calcul ou d'expressions algébriques y est peu visible. Ces analyses convergent avec celles d'Assude et al. (2012, p.50) : « les programmes de calcul

conservent la fonction didactique de support d'exercices, sans apparaître comme un objet paramathématique contribuant à la construction de l'organisation mathématique ».
Au niveau des discours technologiques, ce manuel expose les propriétés de conservation de l'égalité. Il présente ensuite un nombre important d'exemples de résolution d'équations. Les propriétés de conservation de l'égalité sont alors employées différemment d'un manuel à l'autre pour justifier la technique de résolution algébrique et guider sa mise en œuvre.
La résolution des équations comme étant une organisation relative aux équations travaillées, est dominante dans ce manuel analysé. Par contre, l'organisation concernant la structure et solution est la moins présente. Parmi les types de tâches les plus travaillés, notre recensement indique que la résolution d'équation arrive largement en tête, et la reconnaissance des structures est pratiquement absente. Tandis que, la question de l'existence d'une solution n'est guère posée, et l'appui sur la structure d'une équation pour exercer une intelligence des calculs dans la résolution algébrique est très peu présent. Le type de tâches majoritairement travaillé dans cette organisation est le test de solutions.
Dans ce manuel, la plupart des problèmes peuvent être résolus de manière non algébrique. En effet, nous avons considéré qu'un problème ne nécessitait pas une résolution algébrique s'il était possible de le résoudre par une démarche arithmétique ou essais/erreurs, ou à l'aide d'un schéma, de manière logique. Nous pouvons constater qu'une proportion non négligeable d'équations concerne des équations données à résoudre seules. Or, nous avons noté une carence dans la résolution de problèmes qui donne du sens aux équations et qui favorise leur conceptualisation. Si le travail de la technique a bien entendu sa place et est complémentaire de la résolution de problèmes, il peut être à craindre que la présence d'une telle proportion d'exercices purement techniques conduise les enseignants à en faire faire à leurs élèves de manière isolée et déconnectée de la résolution de problèmes.

5.3. Les conceptions des enseignants sur l'enseignement de l'algèbre au collège

Les orientations pédagogiques du secondaire collégial soutiennent les enseignants sur l'importance du développement de l'algèbre chez les élèves. Des mesures sont soulignées en ce sens dans les orientations pédagogiques du collège. Parmi laquelle, il est conseillé de faire passer la compréhension que l'élève possède des mathématiques au-delà du résultat de calculs particuliers et de l'application procédurale des formules. Il établit, donc, une base pour le développement d'une compréhension mathématique abstraite.
D'après les expériences d'enseignements au niveau de la première année du collège, les enseignants doivent être en mesure d'identifier les activités (exercices, problèmes, ressources numériques, etc.) ou les types de tâches favorisant l'entrée dans l'algèbre.
Les activités explicites : celles qui sont explicitement proposées pour contribuer au développement de la pensée algébrique.
Les activités implicites : celles qui sont reconnues par le chercheur comme était propice à ce développement (dans ce cas, on peut détourner une proposition curriculaire qui n'était pas allé proposer à cette raison d'être).
Pour cela, nous avons interrogé les 50 enseignants (formant 8 groupes) à travailler par groupe pour résumer ce qui a été réalisé en classe pour apprendre de l'algèbre à leurs élèves de la première année du secondaire collégial. Les réponses des enseignants, données par groupe, à cette question traitent les pratiques déclarées pour faire apprendre de l'algèbre aux élèves de la première année du secondaire collégial.
« G1 : Se familiariser avec les nombres, les symboles et les variables ; Connaître les différentes opérations algébriques ; Appliquer et utiliser le calcul algébrique pour résoudre des problèmes de la vie courante ; C'est la capacité d'effectuer les calculs avec différentes formes.

G2 : Développer les techniques de calcul à travers les activités de la vie courante, dans le but de construire des concepts et faire émerger le lien entre les techniques algébriques et la réalité.
G3 : Réaliser des calculs sur les expressions algébriques ; ordre et comparaison des nombres ; calcul littéral ; utiliser les éléments cités, pour résoudre des problèmes réels.
G4 : Connaître les nombres décimaux et relatifs. Réaliser les différentes opérations avec une utilisation progressive des expressions littérales ; Résoudre des problèmes qui demandent l'utilisation des équations du premier degré et amener les élèves à s'approprier les équations ; connaître le développement et la factorisation pour simplifier les calculs et résoudre les équations.
G5 : Le programme de la première année du collège donne une idée sur les ensembles des entiers naturels et relatifs, et savoir manipuler les quatre opérations sur chaque ensemble ; résoudre des problèmes mathématiques en utilisant les équations du premier degré.
G6 : Amener l'élève à maîtriser les techniques de calculs à travers les quatre opérations. ; amener l'élève à discerner les nombres et leur comparaison ; transformer un problème ou une situation sous forme d'une expression algébrique (modélisation) ; amener l'élève à maîtriser le calcul littéral.
G7 : Les quatre opérations sur les nombres (naturel, décimal et relatif) ; connaître les techniques de calcul pour résoudre des problèmes et connaître l'inconnue ; sensibiliser les élèves au calcul littéral ; connaître les techniques (développer/factoriser).
G8 : Développer les habiletés de calculs chez les élèves (se focaliser sur les calculs) ; développer la capacité de l'élève à analyser, critiquer et comparer ; accommoder les nombres selon leurs ensembles respectifs ; capacité de résoudre des problèmes de la vie courante ; capacité de faire un prolongement à autre discipline ».
Les conceptions des enseignants s'articulent, plus généralement, autour des habiletés de développement des techniques de calcul, de résoudre de problèmes et de faire connaître aux élèves les différentes opérations algébriques. Dans les orientations pédagogiques du collège, une place importante est réservée à la résolution problèmes. Par ailleurs, dans les pratiques effectives, ces enseignants ne les prennent pas en compte contraints de perdre du temps.
Le recensement de différents genres de tâches utilisés par ces enseignants avec leurs fréquences d'apparitions est : Se familiariser (1), Connaître (6), Appliquer (1), Utiliser (2), Développer (4), Calcul(er) (13), Réaliser (2), Sensibiliser (1), Résoudre (7), Transformer (1), Amener (4).
Nous constatons que ces genres de tâches recensés à travers les conceptions des enseignants, privilégient le côté technique et opératoire de l'activité mathématique. En effet, les conceptions des enseignants sur les genres de tâches utilisés sont tout à fait différentes de ceux recommandés dans les orientations pédagogiques, que ce soit au niveau des expressions algébriques que pour les équations et les formules.
Ensuite, nous avons interrogé ces enseignants à la question suivante : pour vous, est-ce que l'enseignement de l'algèbre consiste à ; décrire des régularités caractérisant des relations entre les quantités, différent de l'arithmétique qui consiste à effectuer des calculs portant sur des quantités connues, généraliser des idées mathématiques, uniquement manipuler les symboles ou autres à préciser ? Les réponses (par groupe) des enseignants interrogés à cette question sont regroupées selon deux catégories de réponses :
Une catégorie, (42% (21)) des enseignants, a considéré l'algèbre comme étant un domaine ou une section des sciences mathématiques, où son enseignement se représente par le dépassement des techniques de calculs avec les nombres vers l'aptitude à faire fonctionner les inconnues et le calcul littéral.
« G1 : L'algèbre est l'une des sections des sciences mathématiques, elle permet aux élèves de se familiariser avec les nombres, les symboles et les variables.
G4 : L'algèbre est une section des mathématiques qui dépasse les nombres vers les symboles et les lettres. Il vise la formulation des lois et des équations pour comprendre les phénomènes.
G7 : L'enseignement de l'algèbre se représente par un déplacement des symboles à la place des nombres inconnus pour étudier les structures algébriques. L'algèbre se différencier au collège par

son dépassement des techniques de calculs avec les nombres vers l'aptitude à faire fonctionner les inconnues et le calcul littéral ».

Une deuxième catégorie de réponses, où (58% (29)) des enseignants ont considéré l'algèbre comme un mode de généraliser les idées mathématiques à travers le recours à des régularités caractérisant des relations entre les quantités. L'algèbre c'est le calcul et l'analyse logique, dont le but est de résoudre des problèmes et l'arithmétique fait partie de l'algèbre.

« G2 : L'algèbre est centrée sur les bases mathématiques qui représentent la géométrie, l'analyse et l'arithmétique.

G3 : Différent de l'arithmétique qui consiste à effectuer des calculs numériques et qui est une partie de l'algèbre. Ensemble de concepts mathématiques utilisés pour résoudre des situations de la vie courante.

G5 : Généraliser des idées mathématiques : par exemple modéliser un problème sous forme d'équation mathématique.

G6 : L'algèbre c'est le calcul et l'analyse logique, dont le but est de résoudre des problèmes.

G8 : Décrire les régularités caractérisant des relations entre les quantités et l'arithmétique fait partie de l'algèbre ».

Concernant la notion de l'algèbre, il existe une variété de visions, comme le présente Lee (1997) ; Il y a l'algèbre en tant que langage, façon de penser, matière scolaire, outil, activité et arithmétique généralisée. Elle montre en revanche qu'il n'existe pas de consensus à ce sujet. Dans l'analyse des mots des programmes actuels de mathématiques du collège, nous pouvons observer que le terme « algèbre » est absent alors qu'« algébrique » qui apparaît plusieurs fois, cet adjectif étant associé aux mots : expression, langage, équation, somme, résolution et calcul. En revanche, le nombre d'occurrences du mot « problème » est grand. Ce nombre indique l'importance des problèmes dans le discours officiel sur l'enseignement des mathématiques. Mais, dans la réalité des classes, les problèmes n'ont pas une place importante dans les pratiques effectives, ainsi que dans l'évaluation des apprentissages, même si, la résolution de problèmes apparaît clairement dans les orientations pédagogiques du secondaire collégial comme le but et le moyen d'une véritable activité mathématique.

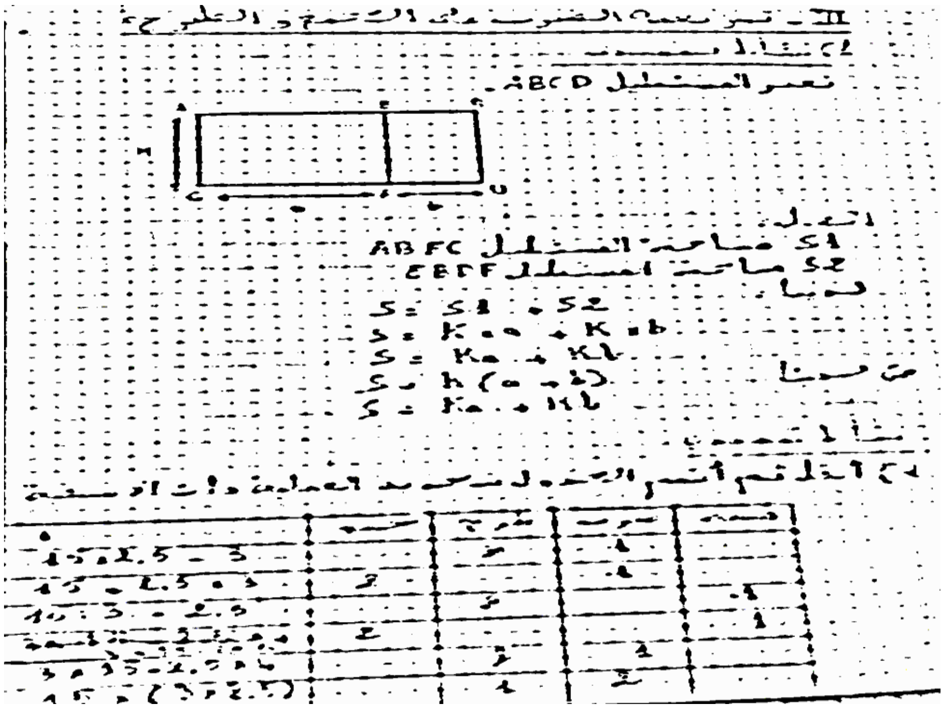
5.4. La portée des cahiers d'élèves

Pour accomplir la description des praxéologies enseignantes manifestées par ces enseignants, nous avons analysé les cahiers des élèves (documents officiels et ceux construits par les enseignants), autant la dimension ressource que les aspects d'usage individuels développés par ces enseignants. Nous présentons à titre illustratif, l'analyse d'un cahier d'élève comme un élément témoin. En précisant l'évolution de l'enseignement à propos des expressions algébriques et des équations.

- *Concernant les expressions algébriques*

Nous partons de l'exposition de Chevallard (2002, 2007), qu'exprime une expression algébrique : « programme de calcul » un tel processus de résolution, une chaîne structurée et hiérarchisée d'opérations arithmétiques permettant de résoudre tous les problèmes d'un même type. Ce sont des problèmes qui peuvent être résolus grâce à une chaîne d'opérations arithmétiques (+, –, ×, ÷) exécutables à partir des données du problème, données qui sont habituellement des quantités connues de grandeurs devenues familières en classe. Lorsque deux expressions ont même valeurs numériques, quelles que soient les valeurs attribuées aux lettres, elles sont équivalentes ; k (a + b) et ka + kb sont deux expressions équivalentes. Le calcul algébrique a pour but la transformation des expressions algébriques en expressions équivalentes. Les genres de tâches : Simplifier ou réduire une expression, c'est l'écrire sous une forme équivalente plus simple, et par conséquent plus facile à calculer numériquement, (Lebossé & Hémery, 1939).

Figure 1 : Exemple d’illustration du cahier de l’élève 1



Cette activité (figure1) introductive est traitée dans le cadre géométrique. Les dimensions du rectangle sont des littéraux (non numériques). Elles sont utilisées pour construire les égalités k (a + b) = ka + kb et k (a – b) = ka –kb dans les deux sens. Par conséquent, l’intégration des lettres dans ce type d’égalité s’avère un obstacle qu’il faut prendre en compte, puisqu’il n’est pas toujours indiqué si les deux expressions sont égales pour tous k ou pour des valeurs particulières : le problème de la quantification est laissé à la charge de l’élève.

Dans le cadre numérique, les deux égalités sont nécessaires. La distributivité apparaît alors comme un élément technologique pour le type de tâches, calculer mentalement le produit de deux nombres. Cette technique n’est d’ailleurs pas nouvelle, elle est utilisée de façon implicite depuis l’école primaire. En revanche, si l’on travaille dans un cadre algébrique avec des nombres relatifs, l’égalité avec l’addition est la seule nécessaire. Or, actuellement en première année du collège, les expressions littérales qui sont proposées en classe de première année du collège ne portent en fait que sur des nombres positifs. Il y a ici une rupture qui peut provoquer des difficultés chez les élèves : la première étant d’inciter les élèves à penser que k est toujours positif ; la seconde étant d’engendrer des erreurs dans les procédures de contrôle sur les signes (notamment quand k est négatif et b positif).

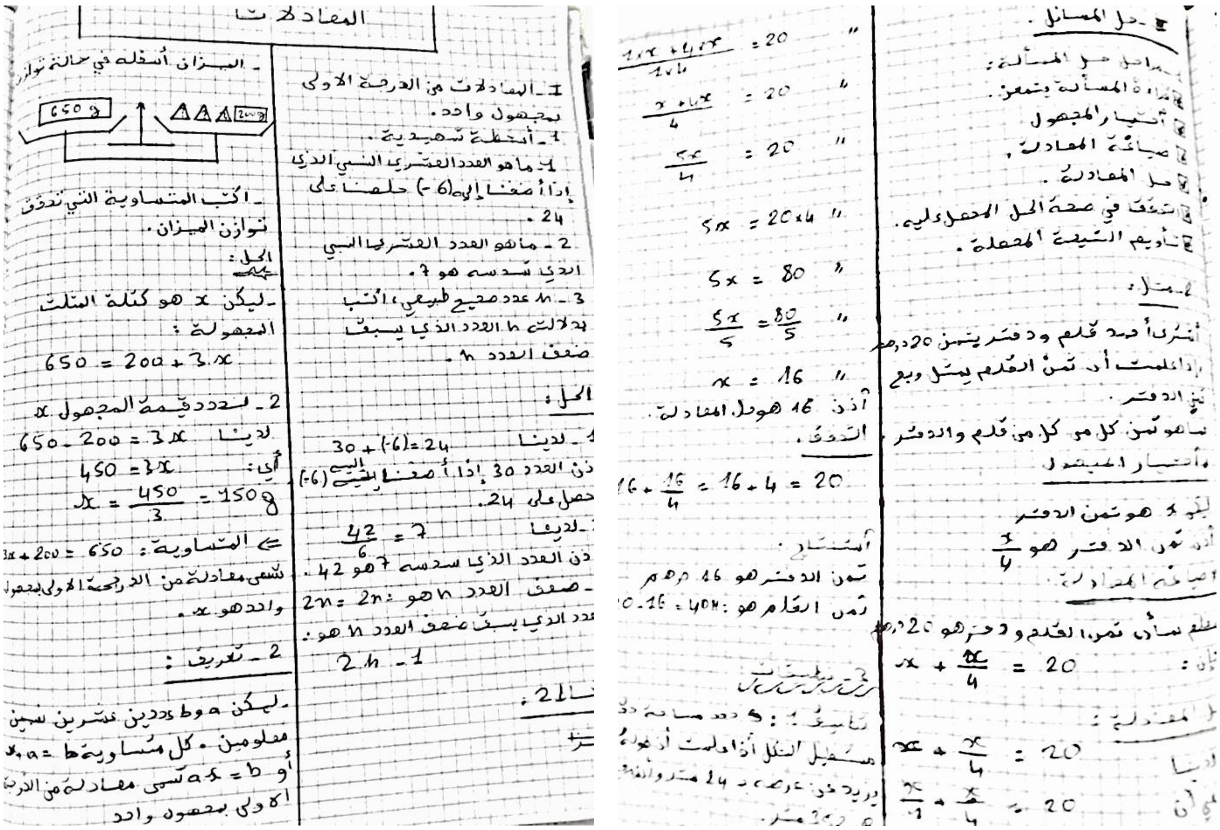
Nous supposons que cette activité peut empêcher les élèves de voir les potentialités de l’outil algébrique.

Dans d’autres cahiers d’élèves, les enseignants définissent le développement et la factorisation dans des problèmes numériques simples, ils demandent explicitement de faire deux calculs pour utiliser la distributivité. On note donc une assez grande monotonie dans les types de tâches étudiés. Ces tâches consistent d’une part à calculer mentalement en utilisant la distributivité et d’autre part, à développer ou factoriser des expressions numériques/littérales du type k (a ± b) ou ka ± kb. On outre, le travail sur les nombres, sur le calcul numérique, puis sur le calcul littéral offre également des occasions de démontrer.

Concernant les équations de premier degré

Les activités proposées dans les cahiers des élèves exposent le développement des propriétés de conservation des égalités. Mais, elles sont illustrées par la métaphore de la balance et peu utilisées dans le discours technologique qui justifie les techniques de résolution algébrique des équations de premier de degré.

Figure 2 : Exemple d'illustration du cahier de l'élève 1



Une proportion importante de problèmes proposés n'est pas à vocation algébriques, ils peuvent être traités en arithmétiques. Ceux-ci peuvent être expliquée en partie par le fait que les orientations pédagogiques donnent plus d'importance à la résolution de problèmes et que tous les types de problèmes, algébriques ou non, sont étudiés. Nous interrogeons dans les cahiers des élèves le choix des enseignants de proposer des situations nécessitant le recours à l'algèbre. Les élèves sont habitués au recours à des démarches arithmétiques non algébriques, c'est-à-dire, vont -ils être à même de donner des raisons d'être aux équations et aux techniques de résolution algébrique et de mise en équation si la plupart des problèmes qu'ils accèdent sont susceptibles d'être résolus diversement ?
Nous pouvons constater qu'une proportion non négligeable d'équations concerne des équations données à résoudre seules et une prépondérance d'exercices dont les résolutions aboutissent à des techniques pures. La plupart des problèmes proposés peuvent être résolus à travers une démarche non algébrique et le rôle dominant attribué aux ostensifs dans la conduite et le contrôle du calcul algébrique, entrave la compréhension du sens attribué à ce type de problème.

Conclusion

Notre question de départ est de comprendre et d'analyser l'état des pratiques déclarées sur l'enseignement de d'algèbre élémentaire au collège. Nous considérons l'algèbre comme étant la science du calcul sur les relations entre des objets (nombres,,…). Etant donné l'étendue possible de ce domaine, nous avons choisi de nous intéresser seulement à deux objets pour les raisons suivantes. L'objet « expression algébrique » apparaît aux débuts du calcul littéral, et à travers sa vie dans le curriculum, il permet d'identifier certaines raisons d'être du domaine algébrique, à la lumière de la dialectique arithmétiques/algébriques. Le deuxième objet est « équation », il utilise le discours technologique pour justifier la technique de résolution.
Les résultats ressortis de cette étude laissent apparaître quelques principes de l'organisation mathématiques établis dans les orientations pédagogiques, qui ont des répercussions sur des pratiques enseignantes, à travers l'expérience de planifications et de gestion en classe.
La dialectique du numérique et de l'algèbre est peu présente. En effet, pour que les élèves appréhendent la transition conceptuelle des notions de variables et de fonctions, il fallait les accompagner à dégager les relations numériques du domaine des grandeurs et parvenir progressivement à des niveaux d'abstraction qui conduisent vers les modèles algébriques.
Des placements d'apprentissage relatifs aux expressions et aux équations sont inexplorés. Surtout, l'obstination des raisons d'être des expressions et le choix des équations. Il ne s'agit plus d'opérer sur des quantités connues, en allant du connu vers l'inconnu comme en arithmétique, mais d'exprimer des relations entre ces quantités.
Les propriétés de conservation des égalités sont exposées mais souvent illustrées par la métaphore de la balance et peu utilisées dans le discours technologique qui justifie les techniques de résolution algébrique des équations. Nous retenons que le choix de l'activité peut empêcher les élèves de voir les potentialités de l'outil algébrique.
Les conceptions des enseignants interrogés, quant aux pratiques déclarées, s'articulent plus généralement, autour des habiletés de développement des techniques de calcul, de résoudre de problèmes et de faire connaître aux élèves les différentes opérations algébriques. Selon les conceptions des enseignants interrogés, nous avons constaté qu'il y a ceux qui ont considéré l'algèbre comme étant un domaine ou une section des sciences mathématiques, où son enseignement se représente par le dépassement des techniques de calculs avec les nombres vers l'aptitude à faire fonctionner les inconnues et le calcul littéral. Et ceux qui ont considéré l'algèbre comme un mode de généraliser les idées mathématiques à travers le recours à des régularités caractérisant des relations entre les quantités. L'algèbre c'est le calcul et l'analyse logique, dont le but est de résoudre des problèmes et que l'arithmétique fait partie de l'algèbre.
Nous retenons que pour soutenir le développement de la pensée algébrique dans une continuité, il serait primordial de perfectionner les praxéologies enseignantes, dans la mesure que les enseignants seront capables d'intégrer dans leur pratique d'enseignement des procédés, convenus par l'expérimentation, voire favoriser le développement de la pensée algébrique.

Références bibliographiques

Adihou, A., Squalli, H. Saboya, M., Tremblay, M. Lapointe, A. (2015). Analyse des raisonnements d'élèves à travers des résolutions de problèmes de comparaison, *Actes EMF 2015 - GT3*.

Assude, T., Coppé, S., Pressiat, A., (2012). Tendances de l'enseignement de l'algèbre élémentaire au collège : atomisation et réduction. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *La Pensee Sauvage, HS*, pp.41-62. <halshs-00940357>.

Beatty, R. et Bruce, C. (2012). From patterns to algebra: Lessons for exploring linear relationships, Toronto, ON: Nelson Education.

Bednarz, N. & Janvier, B. (1996). Emergence and development of algebra as a problem-solving tool: continuities and discontinuities with arithmetic. In N. Bednarz, C. Kieran et L. Lee (Eds.) Approaches to algebra. Perspectives for research and teaching (pp. 115-136). Boston: *Kluwer Academic Publishers.*

Booth L. (1984) Erreurs et incompréhensions en algèbre élémentaire. *Petit x, Vol 5.*

Bronner A., (2015). Développement de la pensée algébrique avant la lettre - Apport des problèmes de généralisation et d'une analyse praxéologique. In Theis L. (Ed.) Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage – *Actes du colloque EMF2015 – GT3*.

Carpenter, T.P., M. Franke, et L. Levi. (2003). Thinking mathematically: Integrating arithmetic and algebra in elementary school, Portsmouth, NH: *Heinemann.*

Chevallard, Y. (1989a). Arithmétique, algèbre, modélisation. Étapes d'une recherche. Publication de l'IREM D'Aix-Marseille, No 16. Marseille : *IREM D'Aix-Marseille*.

Chevallard, Y. (1989b). Le passage de l'arithmétique à l'algébrique dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. Perspectives curriculaires : la notion de modélisation. *Petit x*, 19, 43-72.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *RDM 12/1*. La pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique de la didactique. *RDM 19/2*. La pensée sauvage.

Chevallard, Y., (1998). Cours donné à l'université d'été Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques, La Rochelle, 4-11 juillet 1998 ; paru dans les actes de cette université d'été, *IREM de Clermont-Ferrand*, p. 91-120.

Chevallard, Y., (2002). Séminaire PLC2, année universitaire 2001-2002.

Chevallard, Y.. (2007). Séminaire PLC2, année universitaire 2006-2007

Chevallard,Y., (1997). Texte issu d'un cours donné à la VIIIe école d'été de didactique des mathématiques (Saint-Sauves, 22-31 août 1995). A paru dans Recherches en *Didactique des Mathématiques*, no 17/3, 1997, p. 17-54.

Filloy, E., Rojano, T. (1984). La aparicion del lenguage Arithmético-Algenraico. *L'Educazione Matematica.* Anno V. 3 : 278-306.

http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Seminaire_2006-2007.pdf

Kapuit,J., (1995) ; A research base supporting long term algebra reform. In D. T. Owens. M., K. Reed et G.M. Millaps (dir.) *Proceeding of the seventeeth ammial meeting*. *North american chapter of the international group for the psychology of mathématical education* (voli.1, p.71-93). Columbus, OH : the ohio state university.

Kieran C. (1994) A functional approach to the introduction of algebra: some pros and cons, in Ponte J. P., Matos J. F. (Eds.). *Proceedings of the 18th International Conference for the Psychology of Mathematics Education,* 1, 157-175.

Lebosse C., Hemery C. (1939) *Algèbre, arithmétique et géométrie, Classe de quatrième, deuxième année des E.P .S*. Paris : Fernand Nathan.

Lee, L. (1997). *La compréhension algébrique : la recherche d'un modèle dans la communauté d'éducation mathématique* ; thèse de doctorat, Montréal : université Québec à Montréal.

Marchand P., Bednarz N. (1999) L'enseignement de l'algèbre au secondaire : une analyse des problèmes présentés aux élèves. *Bulletin AMQ* XXXIX(4), 30-42.

Mason, J. (1996). « Expressing generality and roots of algebra », cité dans N. BEDNARZ, C. KIERAN et L. LEE (édit.), Approaches to algebra: Perspectives for research and teaching, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 65-86.

Radford, L. (2006). Algebraic Thinking and the Generalization of Patterns: A Semiotic Perspective. In S. Alatorre, J. L. Cortina, M. Sáiz, A. Méndez (Eds.), Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, North American Chapter, Mérida: *Universidad Pedagógica Nacional*, November 9-12, Vol.1, p.2-21.

Radford, L. (2008). Iconicity and Contraction : A Semiotic Investigation of Forms of Algebraic Generalizations of Patterns In Different Contexts. ZDM – *The International Journal on Mathematics Education.* DOI 10.1007/s11858-007-0061-0.

Radford, L. (2014). The progressive development of early embodied algebraic thinking*. Mathematics Education Research Journal*, 26, 257-277.

Redford, L. (1993a). Le raisonnement algébrique. Une réflexion épistémologique. *Actes de colloque* « Elève, école, société. » Redford, L et Mesquia, A.(Eds)). CIRADE. Université du Québec à Montréal.33-4.

Rojano, T. (1996). Developing algebraic aspects of problem solving within a spreadsheet environment. In. N. Bednarz, C. Kieran et L. Lee (Eds.) Approaches to Algebra. Perspectives for Research and Teaching (pp. 137- 146). Boston : *Kluwer Academic Publishers*.

Sierpinska, A. (1999). Interaction des perspectives épistémologique, cognitive et didactique. Dans G. Lemoyne ; F. Conne(dir.), *Le cognitifen didactique des mathématiques.* Montréal : Presses de l'Université de Montréal, (pp. 151-176).

Squalli H., Mary C., Marchand P. (2011) Orientations curriculaires dans l'introduction de l'algèbre : cas du Québec et de l'Ontario. In *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique. Technologie - Sciences – Mathématiques*. Editions Deboeck.

Squalli H., Suurtamm C., Freiman, V. (2012) *Preparing Teachers to Develop Algebraic Thinking in Primary and Secondary School / Préparer les enseignants au développement de la pensée algébrique au primaire et au secondaire.* Canadian Mathematics Education Study Group 2012.

Squalli, H. et Cotnoir, G. (2015). Analyse des scénarios d'introduction de l'algèbre dans trois nouveaux manuels québécois du premier cycle du secondaire. *Revue Matematika Didaktika aux CRMEF ;Volume I.*

Squalli, H., (2002). Plaidoyer en faveur d'une algébrisation des mathématiques de l'école primaire, In P. Blouin (dir.), *Actes du Colloque GDM* 2002, (p. 67-73). Trois Rivières.

Subramaniam, K. (2004). Teaching arithmetic and algebraic expressions. *Proceedings of the 28e Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, vol. 3* (p. 121-128). Mumbai, Inde.

Vergnaud G. (1986) Long terme et court terme dans l'apprentissage de l'algèbre. In *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique*. Éditions La Pensée Sauvage.

Vlassis, J.; Demonty, I. (1999). Les représentations pré-algébriques des élèves sortant de l'enseignement primaire. *Informations Pédagogiques vol. 47* (p. 16-27).

Quelles formations pour relever le défi de l'enseignement des probabilités au collège tunisien ?

Mounir Dhieb[1]

Résumé

Cela fait un peu plus d'une décennie qu'il a été décidé d'enseigner la statistique et les probabilités aux trois niveaux du collège tunisien[2]. Le programme officiel semble alors rattacher la notion de probabilité à la statistique - par le biais de la notion d'expérience aléatoire – et opter pour la conjugaison de l'approche classique et de l'approche expérimentale dans l'enseignement des probabilités.
C'est dans ce contexte que nous évoquons quelques travaux tunisiens relevant de la didactique des probabilités. Les difficultés relevées notamment du côté des enseignants nous offrent l'opportunité de poser la question de la nécessité d'une formation des enseignants en épistémologie et en didactique des mathématiques : nous présentons alors des outils qui nous paraissent nécessaires, relevant surtout de la Théorie des Situations Didactiques (TSD) et de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD).

Mots clés : Probabilités, approches, formation des enseignants, Théorie des Situations Didactiques, Théorie Anthropologique du Didactique.

Introduction

Outre le rôle important qu'elles jouent dans le développement des sciences, les probabilités sont actuellement présentes un peu partout dans la société. D'ailleurs, nous avons montré l'intérêt et la possibilité de l'introduction de l'aléatoire dans le cursus scolaire tunisien dès le collège (Dhieb 2003).
Et c'est t à partir de l'année scolaire 2006-2007 que les probabilités commencent à faire objet d'enseignement au niveau du collège. Le programme semble alors favorable à la cohabitation de l'approche classique et de l'approche expérimentale.
Cette cohabitation est centrale dans ce travail : nous posons essentiellement la question du rapport des décideurs (concepteurs des programmes et des manuels) et des enseignants aux probabilités.
Nous commençons par un aperçu historique des probabilités avant de visiter les programmes et les manuels scolaires.
Nous convoquons quelques travaux de recherche qui pointent les difficultés qu'ont les professeurs notamment au niveau de l'approche fréquentiste des probabilités.

---

[1] Université de La Manouba, Tunisie.
[2] L'enseignement tunisien comporte un enseignement de base qui s'étale sur neuf ans et un enseignement secondaire, débouchant sur l'examen de baccalauréat, qui s'étend sur quatre ans. L'enseignement de base englobe six ans (de la 1ère à la 6ème année) à l'école primaire et trois ans (de la 7ème à la 9ème année) au collège.

Nous concluons par l'exposé de quelques éléments qui nous semblent indispensables à la formation pour l'enseignement aussi bien des probabilités que d'autres objets mathématiques. Commençons d'abord par exposer les outils théoriques indispensables à ce travail.

1. Eléments théoriques

Nous présentons ici brièvement les outils théoriques dont nous aurons besoin dans la suite. Il est question de notions centrales aux théories didactiques francophones.
Pour aborder les savoirs probabilistes, nous empruntons à la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) de Chevallard le modèle des praxéologies (ou des organisations) institutionnelles : il est question ici d'organisations mathématiques.
Une organisation mathématique - ou praxéologie mathématique - est constituée de types de tâches T à réaliser, de techniques □ permettant d'accomplir les types de tâches, de technologies θ justifiant, expliquant et produisant les techniques et de théories □ expliquant et produisant les technologies (Bosch et Chevallard 1999).
Dans l'analyse de l'état des connaissances probabilistes aussi bien des élèves que des enseignants, nous avons utilisé la notion de conception relevant de la Théorie des Champs Conceptuels (TCC) de Vergnaud dans laquelle cette notion est supposée comme étant l'analogue du concept[3], à un moment donné, du côté du sujet (Vergnaud 2005).
Pour rendre le modèle des organisations fonctionnel au niveau des connaissances, nous avons présenté une formalisation de la notion de conception en termes praxéologiques. Du point de vue théorique, les conceptions d'un objet font partie du rapport personnel[4] à cet objet.
Les « organisations personnelles » étaient présentées sous forme de triplets constituées par des types de tâches, des techniques et des technologies personnelles (théorèmes ou définitions en actes). Et une conception d'un objet mathématique était définie comme étant l'ensemble des organisations personnelles formées autour d'un même discours technologique personnel où les types de tâches relèvent de l'objet en question (Dhieb 2009).
La question de la théorie personnelle a été ensuite posée (Dhieb 2012). Plutôt que d'utiliser les conceptions, aujourd'hui, nous optons pour l'usage d'organisations personnelles à quatre composantes, la quatrième étant une théorie personnelle composée a minima par des éléments théoriques un peu éparpillés dans la culture.
Dans un travail qui s'intéresse à l'enseignement, la Théorie des Situations Didactiques (TSD) s'avère indispensable avec notamment sa notion centrale de milieu. Sans entrer dans les détails, voici la structuration emboitée du milieu (Brousseau 1990) qui a été complétée par Margolinas (1995)[5] :

- ***Structuration du milieu (Margolinas 1995)***

<table>
<tr><td>M3 :
M - de construction</td><td></td><td>P3 :
P - noosphérien</td><td>S3 :
Situation noosphérienne</td><td rowspan="3">Sur didactique</td></tr>
<tr><td>M2 :
M - de projet</td><td></td><td>P2 :
P - constructeur</td><td>S2 :
Situation de construction</td></tr>
<tr><td>M1 :
M - didactique</td><td>E1 :
E - réflexif</td><td>P1 :
P - projecteur</td><td>S1 :
Situation de projet</td></tr>
<tr><td>M0 :</td><td>E0 :</td><td>P0 :</td><td>S0 :</td><td></td></tr>
</table>

[3] Dans une formalisation pragmatique, le concept est présenté sous forme d'un triplet de trois ensembles : un ensemble de situations qui lui donnent du sens (la référence), un ensemble d'invariants opératoires, c'est-à-dire de concepts-en-acte et théorèmes-en-acte, qui interviennent dans les schèmes de traitement de ces situations (le signifié) et, un ensemble de représentations langagières ou non permettant de représenter le concept, ses propriétés, les situations et les procédures concernées (le signifiant).

[4] Notion introduite par Chevallard (1992).
[5] Dans le tableau de la structuration du milieu, M désigne le milieu, S désigne la situation, E désigne l'élève et P désigne le professeur.

M – d’apprentissage	**Elève**	**Professeur pour l’élève**	**Situation didactique**	**didactique**
M-1 : M - de référence	E-1 : E - apprenant	P-1 : P en action	S-1 : Situation d’apprentissage	
M-2 : M - objectif	E-2 : E - agissant	P-2 : P observateur	S-2 : Situation de référence	a-didactique
M-3 : M - matériel	E-3 : E - objectif		S-3 : Situation objective	

Cette structuration a été ensuite améliorée par le questionnement de la position d’observateur attribuée au professeur dans la « situation de référence » (Bloch 1999).
Ainsi, les outils théoriques que nous utilisons sont essentiellement les modèles d’organisations institutionnelles et personnelles et quelques éléments de la TSD, et ce dans un champ assez délicat à aborder.

2. Un objet d’étude problématique

Dans cette partie, nous allons surtout aborder, d’une façon succincte, l’émergence de la notion de probabilité et les approches dans lesquelles elle était utilisée au cours des développements théoriques probabilistes prévalant de la fin du 17ème siècle au début du 20ème.

2.1. Posture épistémologique

Nous commençons par présenter un aperçu de la chronogénèse de la notion de probabilité tiré de notre mémoire de thèse (Dhieb 2009).
Bien que les jeux de hasard existent depuis des millénaires, le premier écrit en probabilité serait celui de Cardan (1526) intitulé *Traité De Ludo Aleae*, publié en 1663, où il est question de jeu équitable avec un, deux ou trois dés (Dans Pichard 2001). Cardan y expose le principe d’équiprobabilité et y dénombre les différentes combinaisons possibles.
Le début officiel revient, selon Pichard (2001), à Pascal et Fermat avec leur correspondance autour de la résolution du problème des partis en 1654 (Voir Pascal 1922).
Le problème des partis consiste à départager deux joueurs (ou plus) lorsque le jeu est interrompu. Ce problème a vu plusieurs solutions avant celle donnée par Pascal et Fermat qui considèrent un prolongement fictif du jeu : ils prennent en compte « *l’espérance* » des joueurs ; ce qui constitue une rupture épistémologique avec les anciens raisonnements[6] qui prennent en considération les parties déjà jouées.
La probabilité connait ainsi son essor à la fin du 17ème siècle avec l’invention par Laplace d’une approche qu’il présente à partir de dix principes. De nos jours, on parle d’approche classique ou laplacienne des probabilités, approche étroitement liée au dénombrement où l’équiprobabilité des issues possibles est de mise.
Une autre approche a été formalisée par Jakob Bernoulli (1654-1705) qui est le « fondateur du concept de probabilité » avec son œuvre Ars conjectandi (l’art de mesurer aussi exactement que possible les probabilités des choses) écrit vers 1692 et publié en 1713. Et ce sont les travaux de Huygens et Leibniz, avec l’utilisation statistique des probabilités[7], qui ouvrent la voie à Bernoulli pour montrer les limites de l’application de la définition de Laplace et proposer par suite son « théorème d’or » dénommé « loi des grands nombres » depuis Denis Poisson (1781-1840).
Cette révolution menée par Bernoulli est connue sous le nom d’approche fréquentiste de la probabilité. Cette approche permet de surpasser les limites de la probabilité de Laplace[8] : le lien

[6] Remarquons que Cardan, en 1539, a compris que le passé ne peut apporter la solution adéquate à ce problème ; il s’est trompé cependant dans le détail de sa résolution.
[7] Leibniz est parmi les premiers qui ont ouvert la voie à l’utilisation statistique des probabilités dans les domaines sociaux.
[8] La probabilité de Laplace est applicable dans des cas simples et sous certaines conditions bien définies.

entre la statistique et les probabilités est tissé par l'estimation de la probabilité d'un événement grâce à l'observation répétée des réalisations d'une expérience aléatoire.
Et c'est en 1933 que Kolmogorov embrasse la voie axiomatique dans son traité sur « Les fondements du calcul des probabilités » et place le calcul des probabilités dans la théorie de la mesure : la probabilité est ainsi identifiée à une mesure et « la géométrie du hasard » de Laplace « revient au choix de la mesure uniforme sur un ensemble fini d'événements élémentaires » (Henry 1999).
En définitive, la « valeur épistémologique » de la théorie des probabilités est basée sur le fait que des phénomènes aléatoires qui sont pensés au sens de l'ignorance, au niveau microscopique des causes, produisent des effets macroscopiques gouvernés par des lois : les approches laplacienne (a priori ou classique) et fréquentiste (a posteriori) des probabilités sont liées par l'intermédiaire de la loi des grands nombres.
La définition fréquentiste témoigne ainsi de la puissance de la théorie des probabilités :

> « *Lors de l'introduction du concept de probabilité, nous avons assigné une probabilité à des événements dont la fréquence relative, au cours d'une longue série d'épreuves, manifestait une certaine stabilité. Ce fait, la stabilité de la fréquence relative, vient d'être démontré mathématiquement. Il est remarquable que la théorie rende possible une description précise de cette stabilité ; cela témoigne sans aucun doute en faveur de sa puissance* » (Rényi 1966).

Ces régularités relatives aux phénomènes aléatoires forment ainsi la valeur épistémologique de la théorie des probabilités.
L'enseignement des probabilités reste un lieu de préoccupations aussi bien épistémologiques au sens du choix de leur approche que didactiques notamment au sens du manque de moyens de contrôle pour les enseignants (Steinbring 1989 ; Maury 1992 ; Brousseau et al. 2002).
Nous essayons de pointer ces préoccupations dans la suite. Mais commençons par faire un petit détour du côté conceptuel au niveau des élèves.

2.2. Organisations probabilistes d'élèves tunisiens

Nous évoquons dans cette partie quelques tests que nous avons réalisés (Dhieb 2009). Le but essentiel est ici de mettre en relief quelques organisations des élèves tunisiens testés dans des tâches probabilistes au sein de leurs salles de classe[9].

■ *Effet de l'enseignement*

La population testée est composée d'élèves de 17 à 18 ans approximativement : un groupe (2S) comportant 107 élèves provenant de quatre classes de 2ème année secondaire et un groupe (3M) comportant 92 élèves provenant de quatre classes de 3ème année secondaire, section Mathématiques.
A l'époque de l'expérimentation (2001-2002), l'enseignement des probabilités débutait en 3ème année de l'enseignement secondaire (12ème année du cursus scolaire).
Commençons par la tâche de l'équiprobabilité, empruntée à Lecoutre et Durand (1988), qui consiste à choisir parmi A : « obtenir un 5 et un 6 » et B : « obtenir deux 6 », l'évènement qui a plus de chances que l'autre dans un lancer simultané de deux dés cubiques.

[9] La passation des tests s'est effectuée d'une façon *collective*, exercice par exercice, sous la direction des professeurs des classes concernées, chacun des élèves ayant sa propre copie.

Nous retenons que la réponse correspondant au biais[10] d'équiprobabilité (=), qui est de 26% pour le groupe 2S, passe à 54,5% pour le groupe 3M ! Tout se passe comme si l'enseignement des probabilités a contribué au développement de l'organisation personnelle[11] que nous notons *EIO* « *Équiprobabilité des Issues Observables* ».
Non seulement, nous confirmons le résultat de Lecoutre et Durand (1988) parlant de l'importance du biais de l'équiprobabilité pour les élèves qui débutent une formation en probabilités, nous l'étendons à deux années d'étude.
Dans la tâche de l'indépendance des épreuves - qui consiste à prévoir et justifier le résultat du 4ème jet de la même pièce de monnaie sachant que les trois premiers jets donnent dans l'ordre : face, pile, pile (Maury 1985) -, l'enseignement contribue à l'amélioration des performances dont la fréquence reste cependant au niveau de 40% des réponses des élèves de 3M.
Retenons que cette tâche favorise le développement l'organisation *M* « *Mécanique* » de technologie associée : « la comparaison des "probabilités" dépend des conditions initiales de l'expérience » où l'élève semble se débarrasser de l'aspect aléatoire de la situation en avançant une explication déterministe basée par exemple sur la façon de jeter ou sur la forme de la pièce.
Il parait ainsi que l'enseignement de l'aléatoire pose problème : même des élèves censés être excellents en mathématiques ont du mal à utiliser des organisations probabilistes pertinentes. L'enseignement des probabilités n'a pas eu l'effet souhaité de développement des organisations « spontanées »[12] utilisées par les élèves dans l'accomplissement des tâches précédentes.
Qu'en est-il des connaissances spontanées d'élèves du collège tunisien dans des situations probabilistes.

Des organisations spontanées

Nous exposons ici quelques résultats relatifs à des tests que nous avons réalisés entre avril 2005 et avril 2006.

A. Situation classique de prévision

La population testée est constituée de huit classes de 8ème année de base, soit de 254 élèves de 13 à 14 ans.
Nous résumons cette situation, dont la dénomination revient à Piaget, comme suit :
« Choisir, parmi deux collections C1 et C2 dont la première comporte b1 éléments blancs et n1 éléments noirs et la seconde b2 éléments blancs et n2 éléments noirs, celle dans laquelle on a le plus de chances d'obtenir un élément blanc ».
Les données montrent que l'organisation *P* « *cas favorables / cas possibles* », expliquant deux techniques, est très peu mobilisée : elle concerne environ 1% de la totalité des réponses.
Remarquons que l'attention des élèves se porte d'abord sur le cardinal d'une partie : ensemble de cas favorables ou ensemble de cas défavorables. En effet, l'organisation *N* « *cardinaux* »[13] est construite dans environ le tiers du test.
Qu'en serait-il lorsqu'il est question d'un grand nombre d'épreuves ?

B. Situation statistique de prévision

Dans cette situation, nous avons testé quatre niveaux scolaires mais, et sans perdre de généralité, nous nous limitons ici à quelques conclusions relatives aux 178 élèves de 8ème année de base.

[10] C'est une terminologie anglo-saxonne qui désigne une distorsion dans les jugements.
[11] Nous identifions une organisation personnelle par l'intermédiaire de sa technologie.
[12] L'expression « spontanée » est prise dans ce texte au sens que les élèves testés n'ont pas subi d'enseignement en probabilités.
[13] Cette organisation repose sur une comparaison des parties ou des totaux des deux collections.

Nous appelons situation statistique de prévision une situation portant sur un grand nombre d'épreuves indépendantes provenant d'une machine de hasard (une collection) dont la composition, par des éléments de deux types différents, est connue. La question porte alors sur le nombre d'éléments de l'un des deux types dans le nombre d'épreuves donné.
Il s'avère que le recourt à la modélisation par une probabilité (mobilisation de l'organisation *P* « *cas favorables / cas possibles* ») est de l'ordre de 6,5% des réponses et ce dans la tâche où les probabilités d'un succès et d'un échec sont différentes[14].

Que retenir ?

Avec des organisations personnelles fausses dominantes, la rareté des organisations correctes et notamment de l'organisation *P* « *cas favorables / cas possibles* » et un rapport non adéquat au « hasard », l'enseignement des probabilités s'annonce problématique. Il est problématique d'autant plus qu'il peut favoriser le développement d'organisations personnelles fausses !
Quel rapport aux probabilités est espéré par les décideurs au niveau du collège tunisien ?

3. Offre praxéologique institutionnelle

Dans cette étude nous nous référons à trois travaux de recherche (Dhieb 2009, Kefi 2016, Dhieb et Kefi 2017). Nous abordons succinctement les contenus des manuels du collège[15]. Jetons d'abord un coup d'œil sur les programmes.

3.1. Les programmes officiels

Pour chacun des trois niveaux du collège, le programme de mathématiques est composé de cinq domaines intitulés « arithmétique », « algèbre », « géométrie », « mesure des grandeurs » et « statistique et probabilités ».
Les probabilités constituent ainsi un secteur d'étude[16] qui est rattaché au secteur de la statistique.
Pour le secteur « probabilités », les programmes insistent sur la familiarisation avec la notion de phénomène aléatoire à partir de situations de jeux et sur la présentation de la fréquence (ou de la probabilité) d'un événement sous forme de pourcentage.
L'utilisation d'une machine à calculer ou d'un ordinateur est recommandée pour calculer une fréquence, une occurrence ou une moyenne arithmétique et pour présenter un tableau statistique.
Pour la 9ème année de base (dernière année du collège qui se couronne par un concours d'accès à un des lycée pilotes), le programme officiel se distingue par l'idée de « modélisation d'une expérience aléatoire ».
Pour résumer, ces programmes sont caractérisés par une tendance implicite quant à la présentation de la notion de probabilité comme modèle de la variabilité statistique et par l'absence de consignes explicites relatives à la réalisation ou la simulation d'une expérience aléatoire. Ils pointent sur l'introduction du vocabulaire, la familiarisation avec des expériences aléatoires, la modélisation d'une expérience aléatoire (9ème année) et sur l'utilisation des outils technologiques pour faire des calculs.
Qu'en est-il du contenu probabiliste des trois manuels scolaires du collège ?

3.2. Les manuels scolaires

[14] En voici une illustration : « *On obtiendra à peu près 400 boules blanches car les boules blanches représentent dans le sac* $\frac{2}{5}$ *du total des boules et nous connaissons que* $100 \times \frac{2}{5}$ *est 400.* »

[15] Un seul manuel est envisagé pour chaque niveau scolaire.
[16] Dans les niveaux de codétermination didactique, un domaine d'étude est composé de secteurs d'étude (Chevallard 2002).

Comme les approches laplacienne et fréquentiste sont les seules qui nous intéressent, nous optons pour l'éventuelle existence de deux praxéologies probabilistes locales[17] :
Une organisation classique OMc = $[T_c,\ \tau_c,\ \theta_c, \Theta]$ où θ_c représente le rapport du nombre des cas favorables par le nombre des cas possibles.
Une organisation fréquentiste OMf = $\left[T_f,\ \tau_f,\ \theta_f, \Theta\right]$ où θ_f représente le rapprochement de la probabilité d'un événement par le quotient du nombre de réalisations de cet événement et du nombre total des observations faites pour un grand nombre d'observations !
Dans les deux cas, Θ désigne la théorie des probabilités.
Bien que les praxéologies probabilistes rencontrées au collège ne puissent être qu'incomplètes, nous allons utiliser les praxéologies classique OMc et fréquentiste OMf, abordées en haut, comme praxéologies de référence[18].
Remarquons d'emblée que l'enseignement des mathématiques au collège tunisien est dispensé en langue arabe avec une écriture mathématique internationale mais sans recours à un symbolisme relatif à la statistique ou aux probabilités.
Nous nous limitons dans la suite à quelques conclusions relatives aux trois niveaux du collège en soulignant, pour chaque niveau, une activité qui peut poser problème dans l'introduction ou l'abord de l'aléatoire.

7ème année de base

Malgré l'absence d'éléments technologiques, tout laisse à croire que l'organisation probabiliste de référence ciblée est classique : les activités choisies se ramènent à des questions de dénombrement et aucune réalisation effective d'une expérience aléatoire n'est formulée. D'ailleurs, il nous est parvenu que les inspecteurs de mathématiques conseillent aux enseignants d'institutionnaliser la définition laplacienne qui leur est familière.
Les activités du manuel de la 7ème année montrent que l'organisation classique adoptée est ponctuelle, formée autour d'un seul type de tâches T « calculer une probabilité ».
Ces activités servent à définir les événements certain, impossible et possible à partir de situations de jeux. Mais s'agit-il de situations familières stipulés dans le programme ?
Voici le début de l'activité 1, introduisant les probabilités dans le dit manuel :

1. Foued tire une flèche de manière aléatoire sur le rectangle ci-dessous

1	2	5	4	1	5
5	6	3	0	3	2
2	0	1	5	3	1
3	1	5	5	4	2
1	5	0	3	2	1

a) Quel est selon toi, l'événement le plus probable entre ces deux événements :
Ev 1 : « la flèche atteint un carré comprenant un nombre pair ».
Ev 2 : « la flèche atteint un carré comprenant un nombre impair ».
Justifie ta réponse.
b) Écris, sous forme d'un nombre rationnel, la probabilité que la flèche atteint un carré comprenant un nombre impair.
…

[17] Formées autour d'une seule technologie.
[18] C'est un point qui a été discuté avec Corine Castela dans le cadre d'un atelier que nous avons animé en 2014 au septième colloque de didactique des mathématiques de l'Association Tunisienne de Didactique des Mathématiques.

Nous nous demandons comment l'élève peut comprendre que la flèche a « les mêmes chances » d'atteindre n'importe quel carré.

■ *8ème année de base*

A ce niveau, nous assistons à un essai de conjugaison des deux approches.
Les trois premières activités essaient d'approcher les probabilités par des fréquences : l'élève est invité à créer une série statistique à l'issue de la réalisation d'une expérience aléatoire et à vérifier la stabilité des fréquences obtenues, à l'aide d'un polygone, autour d'une valeur donnée.
Les deux dernières activités rattachent les probabilités au dénombrement. Encore une autre fois, l'hypothèse d'équiprobabilité reste à la charge de l'enseignant.
Voici l'énoncé de l'activité 3 :

Lance 25 fois un dé dont les faces sont numérotées de 1 à 6. En prélevant, à chaque fois le numéro inscrit sur la face supérieure, résume les résultats dans le tableau suivant :

Numéro	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Occurrences							
Fréquence en (%)							

a) Trace le polygone des fréquences.
b) Rassemble tes résultats avec ceux de trois de tes camarades dans un tableau similaire au précédent.
c) Trace le polygone des fréquences.
d) Que remarques-tu lorsque la taille de l'échantillon augmente ? Compare les fréquences à 0,16.

Mais quelle réponse les enseignants peuvent apporter à la dernière question et que signifie 0,16 pour l'élève ?
Puis, quels sont les enseignants qui choisissent de traiter ce type d'activités ?

■ *9ème année de base*

Les activités font plutôt partie d'un enseignement classique des probabilités à l'exception de l'activité 2 :

On désigne par « P » et « F » les deux faces d'une pièce de monnaie.
Mohamed lance trente fois une pièce de monnaie en notant à chaque fois la face supérieure. Il obtient : P,F,P,P,P,F,F,P ,F,P,F,F,F,P,F,F,F,F,P,F,P,P,P,F,P,P,F,F,P,F
1) Complète le tableau suivant :

Face	*P*	*F*
Nombre de fois		
Fréquence en (%)		

2) Réalise toi-même l'expérience cinquante fois puis compare les fréquences de « P » et de « F ».
3) Quelle est selon toi la probabilité d'avoir « P » ? Déduis la probabilité de « F ».
4) Si ton ami réalise cent fois l'expérience, est-il possible qu'il obtienne 100 « P » ?

C'est une activité qu'on peut insérer dans le contexte d'une approche expérimentale faisant référence à une organisation fréquentiste des probabilités. Il reste à savoir si les enseignants traitent cette activité en classe.

3.3. Que conclure ?

Les programmes sont marqués par une tendance implicite de présenter la notion de probabilité comme modèle de la variabilité statistique.

L'offre praxéologique probabiliste au sein des manuels se limite à l'introduction de deux organisations mathématiques « inachevées » : elle vise les savoir-faire c'est à dire le bloc [T,□□].
En 7$^{\text{ème}}$ année de base, les auteurs du manuel optent pour l'introduction d'une organisation classique ; en 8$^{\text{ème}}$ année de base, ils semblent vouloir introduire aussi bien l'approche classique que fréquentiste. Les activités de la 9$^{\text{ème}}$ année de base viennent enrichir les deux organisations mathématiques.
En dépit du rattachement du secteur des probabilités à celui de la statistique, les manuels abordent les probabilités au collège dans une perspective plutôt algorithmique, liée au dénombrement. Ils présentent l'approche fréquentiste de façon inappropriée.
Notons une certaine hésitation quant à la mise en place de l'organisation fréquentiste qui semble étrangère aux enseignants.
Le rapport des enseignants aux probabilités est à questionner :
Abordent-ils les activités relevant de l'organisation fréquentiste ?
Ont-ils les outils de contrôle nécessaires pour aborder de telles activités ?

4. Rapports d'enseignants aux probabilités

Nous examinons brièvement les rapports aux probabilités de quatre enseignants de mathématiques chevronnés.

4.1. Une enseignante à l'œuvre

Notre intérêt porte sur deux séances d'environ cinquante minutes chacune, consacrées à l'enseignement des probabilités dans une classe de 9$^{\text{ème}}$ année de base (Dans Kefi 2016).
Le cours auquel l'auteur a assisté s'avère centré sur la définition classique des probabilités qui n'est pas encore assimilée par les élèves !
Tout en exploitant les activités du manuel scolaire, l'enseignante, qui assume entièrement la responsabilité dans la production des connaissances, saute l'activité 2 citée en haut. Elle exprime sa méconnaissance de l'objectif de cette activité. Elle avoue qu'elle ne maîtrise pas « les techniques de calcul de la probabilité d'un événement à partir d'une expérimentation » et qu'il est « impossible de réaliser une telle expérience en classe de mathématiques ». Toutefois, elle reste fervente à l'idée de simulation d'une expérience aléatoire par les élèves assistés par un enseignant d'informatique.

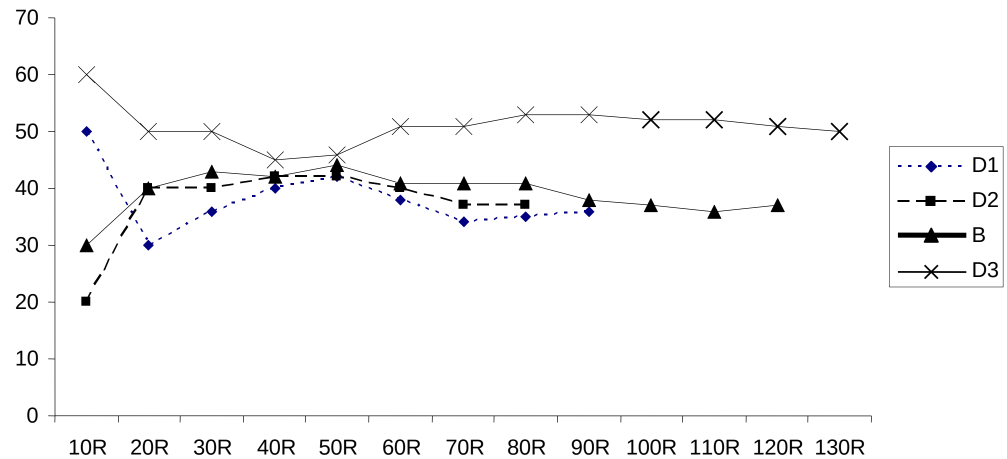
4.2. Collaborations Chercheur-Praticiens

Nous abordons ici un travail empirique, en deux parties, avec trois professeurs de mathématiques. D'abord avec l'aide d'un professeur dans une pré-expérimentation faisant partie de notre mémoire de thèse (Dhieb 2009) ; ensuite en collaboration avec deux professeurs dans une expérimentation qui n'a pas encore fait l'objet de publication.
Le matériel utilisé est composé de trois dés, dont l'un est pipé, ayant chacun deux faces blanches et d'un récipient contenant trois balles dont l'une est blanche.
Le travail est programmé pour quatre séances d'une heure chacune. La notion d'expérience aléatoire fait l'objet des deux premières séances : les élèves, formés en quatre groupes, ont à jeter un dé ou à tirer une balle dans le récipient et ce pour des dizaines de fois pour chaque expérience. Les deux dernières séances sont consacrées à l'approche fréquentiste des probabilités : les élèves ont à utiliser les fréquences relatives, leur représentation graphique et à aborder la simulation.
Les objectifs consistent entre autres à consolider la notion de variabilité, à accepter le cumul, à utiliser les fréquences et à tirer des ressemblances et des dissemblances dans un graphique.

Une pré-expérimentation

La pré-expérimentation est exécutée, en avril 2007, hors classe avec des élèves, de 7ème année de base, qui n'ont pas encore rencontré les probabilités.
Les élèves n'ont pas aidé l'enseignant dans l'accomplissement de sa tâche : hors classe, avec une expérience réelle et le travail en groupe, étrange à la classe de mathématiques, il n'a pas pu bien dominer les groupes.
Et la quatrième séance aboutit à un dialogue intéressant au niveau de la reconnaissance des ressemblances et des dissemblances dans un graphique :

▪ ***Polygones des fréquences : groupe 1 (dé D1), groupe 2 (dé D2), groupe 3 (les balles B), groupe 4 (dé truqué D3)***



Chaque groupe reconnait à partir du polygone qui le concerne les fréquences calculées.
Les élèves s'aperçoivent de la ressemblance des résultats des trois premiers groupes et de leur dissemblance avec ceux du quatrième tout en constatant la variabilité au début des courbes.
Nous remarquons que le milieu matériel « dévolu » aux élèves a permis l'émergence de quelques organisations personnelles fausses. Mais il aurait pu servir, avec les rétroactions qu'il permet, à l'institutionnalisation de la notion d'expérience aléatoire.
Par ailleurs, des hésitations de l'enseignant montrent qu'il ne contrôle pas convenablement les situations probabilistes mises en œuvre.
Notons enfin que, faute de temps, la simulation par ordinateur n'a pas été abordée.

Une expérimentation

Cette expérimentation diffère de la pré-expérimentation par quelques points : elle se déroule en classe de mathématiques, avec des élèves de 7ème année de base qui ont déjà subi un enseignement en probabilités ; et la simulation est prévue par calculatrice.
Contrairement à la pré-expérimentation, les élèves n'ont pas, en général, essayé de tricher[19] lors des jets ou des tirages. En dépit de cela, nous assistons, entre autres, à la mobilisation de l'organisation « *mécanique* » :

[19] Les élèves peuvent tricher car ils sont informés que le groupe qui apporte plus de blanches (faces ou balles blanches) est déclaré gagnant.

« *Monsieur, on compte combien ça a tourné dans l'air, le dé, et sur quelle face on l'a mis sur la main, on lance et on compte combien de fois ça a tourné dans l'air* ».
Les situations, avec ce qu'ils ont de nouveau pour une classe de mathématiques (expériences effectives, travail en groupes, etc.), nous paraissent viables. D'ailleurs, le milieu matériel (notamment le dé) disqualifie aussi bien l'organisation « *cardinaux* » basée sur la technique de comparaison du nombre des faces blanches que l'organisation « *mécanique* » qui évacue l'aléatoire en s'appuyant sur la prise en compte des conditions initiales de l'expérience. Il favorise par ailleurs l'acquisition d'une nouvelle connaissance : l'organisation « *Imprévisibilité Microscopique* » dans laquelle le résultat d'une épreuve est imprévisible.
Remarquons que l'un des professeurs est arrivé au bout de la tâche tout en passant par l'institutionnalisation de la notion d'expérience aléatoire.
Outre l'oubli de cette institutionnalisation, l'autre professeur a eu la mésaventure de tomber sur une série statistique particulière au sein de l'un de ses quatre groupes. Il était inquiet et devant notre silence, il a procédé à la reprise de l'expérience au sein du groupe en question !

En guise de conclusion

Ce travail montre que le secteur des probabilités forme un terrain problématique aussi bien dans son enseignement que dans son apprentissage.
Concernant l'apprentissage, nous avons brièvement souligné, notamment par le biais des organisations « spontanées » fausses des élèves du collège, l'existence de rapports inadéquats à des objets probabilistes.
Au sujet de l'enseignement, nous avons visité deux lieux : celui de l'offre praxéologique institutionnelle et celui de l'action professorale. Nous avons souligné des « hésitations » aussi bien du côté des décideurs (concepteurs des programmes et des manuels) que des enseignants. Les hésitations qui montrent une préférence de l'approche classique et qui peuvent cacher une interrogation sur la légitimité ou la validité de l'approche fréquentiste sont d'ordre épistémologiques. Celles qui sont reliées au manque de moyens de contrôle sont plutôt d'ordre didactique et, elles sont reliées nécessairement à un défaut au niveau de la formation académique et épistémologique.
Une formation probabiliste, académique et épistémologique, des futurs enseignants et de ceux en exercice s'avère indispensable. Et ceci reste valable pour d'autres domaines mathématiques. Il va sans dire qu'une formation en didactique des mathématiques est intimement liée à la formation académique et épistémologique.
Le modèle praxéologique institutionnel de la TAD que nous avons élargi au niveau personnel nous parait un objet d'analyse indispensable dans la formation initiale des futurs enseignant. Il permet de mesurer l'écart entre les savoirs programmés pour l'enseignement et les connaissances des élèves.
La « *situation didactique* », fruit de l'action professorale en classe, est le résultat de la confrontation entre la « *situation de projet* » dans laquelle le professeur prépare sa leçon et la « *situation d'apprentissage* », lieu d'acquisition potentielle de nouvelles connaissances. Et c'est notamment cette confrontation qui est à la base de la construction des pratiques de l'enseignant, de sa « représentation » de l'enseignement des mathématiques. Le travail de cette confrontation nous parait d'un grand intérêt dans la formation initiale des enseignants. D'où la nécessité d'un travail de formation au niveau de la « structuration du milieu » et donc au niveau des situations a-didactiques.
Pour la formation continue, la notion de « *situation a-didactique* » (Brousseau 1998) nous parait très importante. Des situations telles que « la course à 20 » ou « le tangram » sont bénéfiques. Elles sont bénéfiques au sens de la lumière qu'elles apportent sur la notion de « *situation*

problème » utilisée dans l'enseignement de base tunisien. Elles le sont notamment par l'apport aux niveaux du scénario (travail individuel, travail en groupes, débats, etc.) et du milieu matériel (énoncé, moyens matériels, etc.) sans quoi nous ne pouvons pas parler d'acquisition de nouvelles connaissances ni de « *situation d'apprentissage* ».

Au fait, on ne peut espérer un « apprentissage » digne de ce nom sans la provocation d'un conflit cognitif (un affrontement à un obstacle) et, on ne peut parler de conflit cognitif sans laisser à l'élève une part de responsabilité dans la production des connaissances par le biais d'un travail individuel ou en groupe !

Références

Bloch I. (1999). L'articulation du travail mathématique du professeur et de l'élève dans l'enseignement de l'analyse en première scientifique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **19** (2), 135-194.

Bosch M., Chevallard Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs, objet d'étude et problématique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **19** (1), 77-123.

Brousseau G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **9** (3), 309-336.

Brousseau G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Brousseau G., Brousseau N., Warfield V. (2002). An experiment on the teaching of statistics and probability. *Journal of Mathematical Behavior* **20**, 363-411.

Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **12** (1), 73-112.

Chevallard Y. (2002). Organiser l'étude.3. Ecologie & régulation. Dans Dorier, J.-L. et al. (dir.). *Actes de la XIe École d'Été de Didactique des Mathématiques*, 41-56. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Dhieb M. (2003). Réflexions sur l'introduction des Probabilités en Tunisie. *Actes de l'EMF 2003 (Espace Mathématique Francophone 2003)*. Tozeur, Tunisie : CNP.
« http://emf.unige.ch/files/1014/5459/7039/EMF2003_GT8_Dhieb.pdf »

Dhieb M. (2009). *Contribution à l'introduction des probabilités au collège : rapports d'élèves à quelques notions probabilistes*. Thèse en cotutelle : Université de Tunis (ISEFC) - Université Paris Descartes (FSHS - Sorbonne). Déposée depuis le 31 juillet 2010 sur : « http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00507751/fr/ »

Dhieb M. (2012). Les conceptions : un outil d'analyse en situation. Atelier : Évolution des cadres théoriques de la recherche didactique. *Colloque de didactique des mathématiques : Approches et enjeux*. En hommage à Michèle Artigue, (31 mai, 1er et 2 Juin 2012).

Dhieb M. et Kefi M-H. (2017). Quelles sont les probabilités à enseigner au collège tunisien ? *Actes du colloque ADiMA-2016*, 255-289.

Henry M., (1999). *L'enseignement des probabilités : Perspectives historiques, épistémologiques et didactiques*. Publications de l'IREM de Besançon, Paris : PUFC.

Kefi M-H. (2016). *Les probabilités au collège en Tunisie : Etude d'une offre praxéologique*. Master de recherche, Université Virtuelle de Tunis (ISEFC).

Lecoutre M-P. et Durand J-L. (1988). Jugements probabilistes et modèles cognitifs. Etude d'une situation aléatoire. *Educational Studies in Mathematics* **19**, 357-368.

Margolinas C. (1995). La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations, In Margolinas (dir.), Les débats de didactique des mathématiques. *Actes du séminaire national 1993-1994*, 89-102.

Maury S. (1985). Influence de la question dans une épreuve relative à la notion d'indépendance. *Educational Studies in Mathematics* **16**, 283-301.

Maury S. (1992). La représentation du savoir chez l'enseignant, source de difficultés dans l'enseignement de certaines connaissances ? *TREMA* **1**, IUFM de Montpellier.

Pascal B. (1922). *Les lettres de Blaise Pascal : accompagnées de lettres de ses correspondants*. Publiées par M. Beau freton. Paris : Crès. « http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k69975r »

Pichard J-F. (2001). Les probabilités au tournant du VIII^{e} siècle, Dans Henry. M. (dir.). *Autour de la modélisation en probabilités*, 13-45. Commission inter-IREM, Paris : PUF-C, Collection « Didactiques ».

Rényi A. (1966). *Calcul des probabilités*. Paris : Dunod.

Steinbring H. (1989). La relation entre modélisations mathématiques et situations d'expérience pour le savoir probabiliste. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* **2**, 191-215. IREM de Strasbourg.

Vergnaud G. (2005). Repères pour une théorie psychologique de la connaissance. Dans Mercier A. et Margolinas C. (dir.). *Balises en Didactique des Mathématiques*, 123-136. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Enseigner les mathématiques aux élèves en difficultés des questions en lien avec les pratiques enseignantes.

Cécile Allard[1] et Denis Butlen.[2]

Résumé

Nos travaux (Allard, Butlen, Masselot, Pezard 2002,2003a, 2003b,2010, 2012, 2015, 2018) s'articulent autour de trois axes : les apprentissages numériques des élèves de l'école élémentaire, sur les difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage des notions mathématiques et enfin sur l'analyse des pratiques des professeurs des écoles enseignants des mathématiques. Ces travaux ont permis de pointer ce qu'ils identifient comme trois grandes questions de la profession et d'analyser les réponses proposées par les enseignants. Ces questions sont en relation avec la gestion du couple dévolution/institutionnalisation, l'installation de la paix scolaire et l'exercice de la vigilance didactique.

Cette contribution présente dans une première partie les résultats de ces recherches et particulièrement celles qui ont permis de caractériser l'expression de la difficulté scolaire des élèves issus de milieu populaire.

La deuxième partie de l'exposé est consacrée aux effets sur les apprentissages des élèves des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques (Allard, Butlen et Masselot, 2018) et en posant la question de la co construction des difficultés scolaires.

Mots clés : difficultés scolaires, pratiques enseignantes, élèves, institutionnalisation, vigilance didactique

L'objet de cet article est d'exposer un état des recherches sur les difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissages des notions mathématiques. Pour cela nous nous appuyons sur les recherches[3] menées par Butlen et al (2002, 2003, 2012, 2018), avec Peltier (2002), Perrin (1992), Masselot (2012,2018), Pezard (2010,2012), Mangiante (2017) et Allard (2015,2018). Ces recherches s'articulent autour de trois axes.

Le premier axe des recherches est consacré à établir le diagnostic des difficultés scolaires et d'en proposer une interprétation. Le diagnostic concerne les élèves de l'école élémentaire et du début du collège (6-12 ans). Ces travaux ont permis de caractériser l'expression de la difficulté scolaire comme par exemple le maintien d'une procédure de bas niveau et la difficulté d'accéder à des procédures nouvelles finalement moins couteuses. Le deuxième axe développe l'analyse de pratiques enseignantes dans des milieux populaires. Une des caractéristiques de ces recherches sur les pratiques est la durée des observations réalisées : certains enseignants ont été suivis un an d'autres 10 ans. Ces études longitudinales permettent d'obtenir des résultats solides tout en tenant compte de la complexité des pratiques. Ces études ont pu mettre en évidence des

[1] , MCF, LDAR, Upec
[2], PU, LDAR, Ucp
[3] La liste des travaux est loin d'être exhaustive, nous avons sélectionné les travaux les plus significatifs et/ou les plus récents.

contradictions auxquelles sont soumis les enseignants et de mettre en évidence une co-construction des difficultés scolaires. Nous développerons deux exemples illustrant ces résultats. Le troisième axe des recherches porte sur la formation initiale et continue, nous développerons un peu moins cet aspect des recherches et nous renvoyons à l'article de Butlen et Masselot (2018).
Dans une première partie, nous apportons des éléments pour mieux appréhender le contexte de l'enseignement des mathématiques en France notamment au regard des évaluations internationales TIMSS (2015). Puis, en nous appuyant essentiellement sur les travaux de Butlen et al nous caractérisons d'une part la difficulté scolaire et d'autre part nous présentons les grandes questions de la profession.
La troisième partie est consacrée à l'étude de la pratique d'une étudiante. En nous posant les questions : les élèves sont-ils en difficulté ou sont-ils mis en difficulté par les choix de l'enseignante ? Comment expliquer ces choix ?

1. Contexte français : Des résultats aux évaluations TIMSS

1.1 Des résultats aux évaluations TIMSS.

Nous pourrions discuter sur les items et apporter des explications rationnelles pour comprendre en partie ces résultats inquiétants aux évaluations internationales mais ce n'est pas l'objet de l'exposé. Aux yeux de la communauté internationale et nationale, ces résultats inquiètent et laissent à penser que les réformes et les lois successives sembleraient avoir eu de faibles impacts sur la réduction des inégalités scolaires. Si les difficultés des élèves français, dès l'école primaire, étaient déjà partiellement connues, la dimension internationale de l'enquête TIMSS met en évidence un niveau très faible en mathématiques par rapport aux autres pays de l'OCDE participant à l'enquête. **La France obtient le score moyen le plus faible des 26 pays de l'OCDE, juste devant le Chili**. Seule la Nouvelle-Zélande obtient un score significativement comparable à celui de la France. Cela se traduit par :

- Des difficultés pour les élèves les plus faibles mais aussi pour les meilleurs élèves
- Des difficultés marquées dans les écoles les plus défavorisées
- Des résultats plus faibles des élèves français sur les nombres et calculs
- Des enseignants français moins satisfaits d'exercer leur métier
- Une sous-utilisation des outils numériques
- Une faible formation continue

1.2 Pistes d'interprétations des résultats

Une des explications souvent privilégiées pour interpréter ces résultats est en relation avec le cursus universitaire des enseignants du premier degré. **80 % des enseignants du primaire n'ont pas suivi un cursus scientifique dans l'enseignement supérieur.** Seuls 2 % ont suivi des études supérieures en mathématiques (rapport IGEN 2006). Ces enseignants, non scientifiques, n'ont pas toujours la maîtrise de tous les savoirs mathématiques théoriques qui sont impliqués dans les programmes scolaires. Par ailleurs les formations initiales et continues sont peu dédiées aux mathématiques et à la différenciation pédagogique. Des inspecteurs et des conseillers pédagogiques du premier degré sont peu familiers avec les mathématiques et ne peuvent donc pas toujours assurés des formations dédiées à l'apprentissage des mathématiques
Les outils, en particulier, les ressources en mathématiques foisonnent (Rapport Mounier et Priolet, Cnesco, 2015),l'offre éditoriale de manuels est par ailleurs non contrôlée : toutes les ressources ne se valent pas, il est donc nécessaire que les enseignants aient de bonnes connaissances

mathématiques et surtout didactiques pour faire des choix au service de l'enseignement des mathématiques.
Le temps d'enseignement prescrit est élevé (5h30 en cycle 3), dans la moyenne haute des pays industrialisés mais la consistance des mathématiques reste à questionner. Ainsi, dans les classes, l'activité mathématique est souvent réduite à des sommes d'exercices qui laissent peu de marge de manœuvre aux élèves. Si les pratiques d'enseignement ont évolué positivement, elles doivent toutefois encore s'améliorer notamment dans des dimensions stratégiques comme par exemple le pilotage de la conduite de séances par les mathématiques. De plus, les enseignants ont peu de repères sur les acquis des élèves en mathématiques. Enfin, la succession de reformes (1995, 2002, 2005,2008, 2012, 2015, 2018) des programmes brouillent les prescriptions institutionnelles.

2. Des résultats de recherche sur les élèves en difficulté et les pratiques enseignantes :

2.1 Qu'est-ce que la difficulté scolaire ? Comment la définir

Butlen propose une définition qu'il qualifie de statistique. Un élève peut être diagnostiqué en difficulté à un niveau donné de la scolarité quand il échoue de manière importante, voire quasi systématique aux items d'une évaluation réussie par au moins 80 % de ses pairs (évaluation testée sur un échantillon représentatif). Il montre que les items (dans le cadre des évaluations nationales CE2 en début d'années)[4] qui sont réussis par 80 pour cent d'une classe d'âge relèvent de connaissances anciennes (2 ans auparavant). Un élève serait en difficulté **si ce décalage entre les connaissances acquises et les connaissances convoquées par les curricula est nettement supérieur à deux ans.**
Il met ensuite en évidence des caractéristiques de ces élèves.
Un élève en difficulté ne présente pas forcément toutes ces caractéristiques. Toutefois, des phénomènes de convergence, de seuil et de cumul semblent concourir à une accumulation de difficultés.
Ces élèves manifestent un manque de confiance dans les connaissances anciennes : « rien n'est sure, tout est nouveau ». Ils montrent une grande résistance à adopter une nouvelle procédure préférant ce qui a été installé et automatisé même si cela a un cout (comme additionner 25 fois le nombre 12 au lieu d'accepter d'apprendre une nouvelle opération et les répertoires multiplicatifs). Cette quête de l'automatisation peut les conduire à étendre le domaine de validité de règles. C'est ainsi le cas de multiplication par 10 des entiers étendus abusivement aux décimaux : 1.3x10=1.30 ou 10.30.
Leurs difficultés se recoupent des difficultés d'expression orale et écrite. Le passage d'un langage de la vie courante à un langage mathématique plus formalisé reste difficile
Une autre caractéristique rejoint ce que nous étiquetons comme un manque de méthodes ; elle se traduit par des difficultés à aller jusque bout d'un processus long et ne leur permet pas de résoudre des problèmes dits complexes (Houdement, 2011)
De plus, il semblerait que ces élèves ne puissent pas identifier les savoirs en jeu car ils ne saisissent pas le « jeu auquel on joue ». Ils restent sur la description du faire, de l'action, ils ne comprennent pas que les enjeux des phases d'action et de construire de nouvelles connaissances.). Ils vivent un divorce entre les situations d'action et l'institutionnalisation du savoir réalisé (ou non) par le maitre. Au mieux, ce savoir reste très formel et sans relation avec les situations d'actions qui lui ont donné connaissance, le plus souvent, il n'est pas reconnu. Ce

[4] Ces évaluations diagnostics n'existent plus depuis les années 2010. Elles existent sous une autre forme et ne font plus l'objet de remontée nationale

divorce est renforcé dans les cas (les plus nombreux) où les enseignants ne conduisent pas le processus d'institutionnalisation à son terme.
Enfin, Butlen évoque et décrit également des difficultés de socialisation, un manque d'autonomie qui se traduit par la recherche d'une relation privilégiée avec l'adulte. Ces différentes caractéristiques sont les causes et les conséquences d'une mauvaise représentation de soi de l'élève qui risque d'enfermer l'élève dans un cercle vicieux d'apprentissage à la baisse

2.2 Une co-construction des difficultés des élèves

Butlen et Masselot (à paraitre 2018) résument alors ce qu'ils décrivent comme une co-construction des difficultés ainsi : « nous retenons l'idée d'une co-construction des difficultés d'apprentissage des élèves initialisée par les difficultés des élèves effectives ou supposées (Butlen 2007 ; NGono, 2003) puis renforcée par les pratiques quotidiennes ou conjointes des élèves et des enseignants. Tout se passe comme si les enseignants et les élèves étaient prisonniers d'un cercle vicieux ayant pour effet un accroissement des difficultés de ces derniers. Confrontés à une demande pressante et persistante d'aide de la part des élèves, notamment placés en situation de résolution de tâches complexes, les enseignants sont amenés à prendre en charge tout ou une partie de cette complexité, à réduire leurs exigences et à organiser un parcours des élèves en une suite de tâches réduites et algorithmisées. Cela les conduit à ne retenir que des tâches insuffisamment riches pour produire les apprentissages visés initialement. Ce cercle vicieux caractérise les pratiques majoritaires observées. Elles résultent de contradictions auxquelles sont soumis ces enseignants. Nous les avons explicitées en termes de conflits entre différentes logiques : logique d'apprentissage et logique de socialisation, logique d'apprentissage et logique de réussite, logique d'apprentissage collectif et d'apprentissage individuel. »

2.3 Un défaut d'institutionnalisation.

La gestion du processus d'institutionnalisation des savoirs est délicate. Les enseignants sont soumis à des injonctions paradoxales ainsi l'accent mis institutionnellement sur la valorisation de l'activité des élèves et la verbalisation de es activités les conduisent à laisser aux élèves la responsabilité du processus d'institutionnalisation. Butlen et Masselot (2018 à paraitre) écrivent : « Ce divorce entre action et institutionnalisation peut conduire les enseignants à minorer les moments d'exposé du texte d'un savoir plutôt décontextualisé et à privilégier des exposés de connaissances contextualisées. Ils peuvent escamoter les moments de synthèse et d'institutionnalisation, les remplaçant le plus souvent par des explicitations de procédures personnalisées et non hiérarchisées. Ce phénomène, est présent chez beaucoup de professeurs des écoles enseignant les mathématiques y compris chez les enseignants expérimentés (Allard, 2015) ».
Ce partage de responsabilité peu équitable renforce les difficultés : certains élèves resteront au stade de la description des actions, sur le décor matériel ou sur des aspects méthodologique (aligner les unités avec les unités…dans le cadre de l'addition posée par exemple) alors que d'autres auront identifié sans nécessairement les nommer les nouvelles connaissances.

2.4 Trois grandes questions posées à la formation

Ces recherches ont conduit à identifier des grandes questions de la profession. Dans l'exercice de leur profession, les enseignants identifient des problèmes auxquels ils apportent des réponses. Ces problèmes sont reconnus par les chercheurs et reformulés en termes de grandes questions. Butlen et al. (ibid) montrent que les pratiques enseignantes s'organisent autour de ces réponses.. Comment l'enseignant installe-t-il la paix scolaire ? La paix scolaire est composée du couple paix sociale et adhésion au projet de l'enseignant. Celle-ci peut être possible soit par un pilotage par

les contenus, il y a alors adhésion au projet. Un pilotage plus autoritaire et moins basé sur les contenus peut suffire pour installer la paix sociale mais n'assure pas une adhésion au projet d'enseignement. L'installation de la paix scolaire n'est que partielle car réduite alors à la seule installation d'une paix sociale (pour d'autres exemples lire Pezard (2010).
Comment et sur quels moments et objets le professeur exercice-t-il une vigilance didactique. La vigilance didactique a été définie comme l'exercice en acte des connaissances mathématiques et didactiques avant, pendant et hors la classe. Prenant en compte le fait que le travail de l'enseignant comporte au moins deux éléments principaux largement dépendants : préparer sa classe et gérer les déroulements en classe, l'exercice de la vigilance didactique a été défini comme « une sorte d'ajustement didactique permanent de la part du professeur faisant appel aux composantes cognitive et médiative des pratiques et s'exerçant dans les trois niveaux global, local et micro » (Charles-Pézard 2010). C'est une manière de décrire, d'analyser et de comprendre comment s'articulent, chez les enseignants, dans les pratiques effectives, la maîtrise des contenus mathématiques et la maîtrise des enjeux d'enseignement de ces contenus. Autrement dit : qu'est ce qui pilote les choix des enseignants ? les contenus ? l'habillage d'un problème ? Quelles réponses apporte-t-il par exemple aux élèves pour que ces derniers comprennent leurs erreurs, changent de procédures ou bien valident ou invalident une réponse ?
L'exercice de la vigilance didactique participe donc de l'organisation des pratiques (Masselot, Robert 2007) et détermine les mathématiques proposées à la fréquentation des élèves. Il entretient des liens avec la première question évoquée (l'installation de la paix scolaire) dans la mesure notamment où il joue un rôle important dans l'adhésion des élèves au projet d'enseignement. Une vigilance didactique insuffisante peut laisser penser à l'enseignant (mais aussi à l'institution) que l'important est de négocier la paix sociale y compris au détriment des mathématiques enseignées. La compréhension des enjeux didactiques est ici déterminante.
La troisième grande question est celle de la gestion de la tension existant entre processus de dévolution des situations, nécessaire à l'apprentissage des notions mathématiques et processus d'institutionnalisation, et donc du développement progressif du texte du savoir visé par cet enseignement (Butlen et al 2002, Laparra et Margolinas, 2008, Coulange 2011, Allard, 2015). Cette gestion nécessite notamment une expérience professionnelle et une connaissance de ces processus induisant des changements de posture du côté des enseignants et des élèves. L'enseignant est amené à faire des choix sur ce qui est fait et dit par les élèves, à écarter des procédures de bas niveaux (par essais erreurs en appui sur des dessins très figuratifs par exemple), à proposer des textes contextualisés et à les faire évoluer vers des textes peu décontextualisés. L'enseignant doit alors prendre sa part de responsabilité et ne pas attendre des élèves qu'ils formulent un texte de savoir qu'ils ne connaissent pas. Cela requiert de l'enseignant une très grande expertise basée sur ses connaissances mathématiques mais aussi didactiques et sur la gestion des moments de mise en commun et de synthèse. Butlen et al ont déterminé que ces deux éléments étaient majoritairement absents des pratiques enseignantes.

2.5 Un exemple emblématique des travaux de Butlen en calcul mental.

En conférence ou bien dans ses différents écrits, Butlen et Masselot utilisent souvent un exemple en calcul mental afin de mettre en évidence le fait que toutes les procédures ne se valent pas.
L'exemple du calcul de 32 x2 5 est emblématique des malentendus pouvant s'installer lors d'activités de calcul mental.
Ce calcul permet l'exposition des grands types de procédures en termes de coût. Ce coût peut être évalué en prenant en compte le traitement des calculs notamment la conservation des résultats intermédiaires en mémoire, mais aussi la qualité des connaissances mobilisées (propriétés des opérations et des faits numériques). Pour calculer ce produit, plusieurs procédures sont possibles mais certaines sont plus coûteuses que d'autres, nous les exposons des plus

coûteuses au moins couteuses du premier point de vue (traitement des calculs et charge en mémoire).
-Calcul de la multiplication posée dans la tête
- Procédure canonique : utilisation de la distributivité simple et de décompositions additives
32x25=32x20+32x5=640+160=800
32x25=30x25+2x25=750+50=800
Calcul utilisant la double distributivité de la multiplication par rapport à l'addition
32x25=30x20+30x5+2x20+2x5=600+150+40+10=800
-calcul utilisant des décompositions multiplicatives (appui sur l'associativité, la commutativité et des faits numériques)
32x25=8x4x25=8x100=800
32x25=32x100 :4=3200:4=800
-certaines procédures empruntent aux précédentes
32x25=32x50/2=(32x100/2)/2=1600/2=800
32x25=32x50/2=(32x5x10)/2=160x10/2=1600/2=800
Les procédures utilisant les décompositions multiplicatives n'émergent pas de façon spontanée, elles doivent faire l'objet d'un apprentissage.
Pour les élèves la question est de savoir comment effectuer ce calcul et pourquoi. Les réponses à ces questions ne sont pas immédiates. L'un des enjeux du calcul réfléchi (en ligne ou mental) est de participer à la mobilisation des connaissances nécessaires pour réduire le cout en calcul et en mémorisation. Il s'agit alors de s'adapter au calcul en fonctions des propriétés des nombres en jeu. De plus le calcul mental favorise alors la fréquentation des propriétés des nombres et des opérations. Finalement l'enjeu est orienté vers des savoirs, sur les propriétés et la manipulation de faits numériques plutôt que sur la production d'une réponse. Ces enjeux ne sont pas toujours saisis par les élèves. Il est alors nécessaire que les enseignants aient la connaissance de ces enjeux afin d'en faciliter la reconnaissance notamment lors des phases de mises en commun et de synthèse.
Les élèves faibles en calcul s'accrochent aux procédures « poser le calcul dans la tête » ou sur la procédure canonique qui sont couteuses en termes de mémorisation des résultats intermédiaires. Ils acceptent difficilement de passer d'une procédure à une autre. C'est pourquoi, les enseignants peuvent finir par accepter le peu de flexibilité de leurs élèves en se basant sur l'argument « qu'au moins ils produisent un résultat ».

2.6 Vers la co-construction des difficultés scolaires

Le premier cercle vicieux que l'on peut décrire est celui de la négociation à la baisse des exigences. L'enseignant est amené à simplifier le problème posé, souvent à la demande des élèves ou bien par souci d'anticiper un risque d'échec.
Pour d'autres exemples que celui présenté, l'enseignant peut poser des questions intermédiaires dont la réponse ne demande pas une prise en charge du problème en général. Il peut être conduit à proposer des algorithmes simples de résolution des règles ou des opérations (écartant le calcul mental). Ainsi, il est usuel dans ces classes d'entendre ou de lire « pour calculer 25x10 il suffit d'ajouter un 0 à 25 ». Cette dernière règle n'est pas en appui sur des connaissances sur les nombres et apparait comme une règle magique qui pourra être étendue (ce qui est regrettable) aux nombres décimaux. Ces adaptations à la baisse des exigences conduit alors les enseignants à anticiper sur les difficultés des élèves et à proposer des tâches de plus en plus simples. Notons que l'exécution de ces tâches simples peuvent concourir à l'installation de la paix sociale (mais pas scolaire) procurant l'illusion de la réussite auprès des élèves.
Le second cercle vicieux est une conséquence du premier. Face aux difficultés des élèves, les enseignants répondent par une individualisation non contrôlée de leur enseignement, une différenciation systématique non contrôlée de leur enseignement (les élèves les plus faibles ont à

effectuer les tâches les moins complexes). Cette différenciation et cette individualisation sans remontée possible vers des procédures de plus haut niveau sont créatrices d'inégalités scolaires.
Des pratiques enseignante soumises à des contradictions
Etudier les pratiques des enseignants qui exercent dans des zones socialement défavorisées agit, en termes de méthodologie comme un effet loupe. C'est ainsi que Butlen et al (2003,2011) ont mis en évidence des contradictions auxquelles les enseignants sont soumis.
Des contradictions entre une logique de socialisation et une logique d'apprentissage. Des contradictions entre réussite à court terme et à moyen terme, entre apprentissages collectifs et individuels, des tensions à prendre en compte le temps de la classe, des élèves et des apprentissages.
Le traitement de ces contradictions conduit à caractériser des pratiques majoritaires qui se traduisent par :

- Une baisse des exigences (tâches algorithmisées, simplifiées)
- Une individualisation non contrôlée
- Une résistance à l'institutionnalisation

Les travaux de Butlen et al montrent bien en quoi les difficultés scolaires ont un impact sur les pratiques enseignantes. Réciproquement, les pratiques enseignantes vont avoir des effets sur les apprentissages des élèves. C'est pourquoi Butlen et al. (ibid) parient sur une formation toute au long de la vie afin d'inverser cette tendance qui explique les fortes inégalités scolaires.
Notre dernière partie développe un exemple illustrant comment un défaut de vigilance didactique provoque de la difficulté scolaire.

3. Elèves en difficulté ou mise en difficulté. Exercice de la vigilance didactique lors du travail de préparation.

A travers un exemple nous voulons illustrer comment dans les pratiques effectives s'expriment cette co-construction des difficultés scolaires et en quoi l'exercice d'une faible vigilance didactique contribue à cela.

3.1 Effets des choix d'une enseignante débutante sur les procédures des élèves.

La séance observée correspond à la première séance d'une séquence sur la technique opératoire de la multiplication d'un nombre à deux chiffres par un nombre à deux chiffres. Les élèves de 8 ans, à cette période de l'année (avril 2017) apprennent leur table de multiplication et ont appris à poser des multiplications à deux chiffres par un chiffre. Ils ont également appris la règle des zéros énoncée ainsi « multiplier par 10,100, 1000 revient à ajouter un zéro, ou deux ou trois au nombre multiplié ». Nous ne revenons pas sur le manque d'intérêt d'une règle ainsi formulée.
L'enseignante s'appuie sur un manuel souvent recommandé en formation (Allard, Ginouillac, 2014).
Grâce à un entretien mené après la séance, nous avons pu retracer ce qui a guidé les choix de la professeure et les raisons de ces derniers.t
Extrait 1 du problème de recherche d'un manuel de CE2 (2016) : fichier Capmaths CE2 (Charnay et al 2016)

Les Égyptiens ont inventé, il y a plus de 3 000 ans,
une méthode particulière pour calculer des multiplications.

Par exemple, pour multiplier 23 par 5 :

- on calculait d'abord une série de doubles à partir de 23 :

$23 \times 1 = 23$
$23 \times 2 = 46$
$23 \times 4 = 92$
$23 \times 8 = 184$

- il suffisait alors de remarquer que :

	5 fois 23, c'est	4 fois 23	plus	1 fois 23	
donc :	5 fois 23, c'est	92	+	23	= 115

Donc : $23 \times 5 = 115$

Les élèves doivent comprendre comment utiliser un répertoire et décomposer les nombres (en appui sur la distributivité) pour calculer des produits comme 23x9, 23x12 ou 23x7. Cette activité dans est importante pour les auteurs du manuel car elle permet aux élèves de faire fonctionner la distributivité et contribue à donner du sens aux sommes partielles présentes dans la technique posée.
L'enseignante débutante choisit de ne pas faire cette activité car elle lui apparait trop compliquée, les références à l'Egypte semblent n'avoir aucun sens.
Elle écarte également l'exercice suivant qui correspond à un réinvestissement de la recherche.

Extrait 2 du problème de consolidation du manuel Capmaths CE2

Pok, Sam et Lou sont montés plusieurs fois au sommet de ce phare :

- Pok est monté 3 fois ;
- Sam est monté 80 fois ;
- Lou est montée 83 fois.

Combien chacun a-t-il monté de marches au total ?

- Pok : .... marches
- Sam : .... marches
- Lou : .... marches

Elle écarte ce problème de nouveau à cause du contexte. Elle craint que ses élèves ne sachent pas ce qu'est un phare. Elle retient alors le troisième problème de la page.

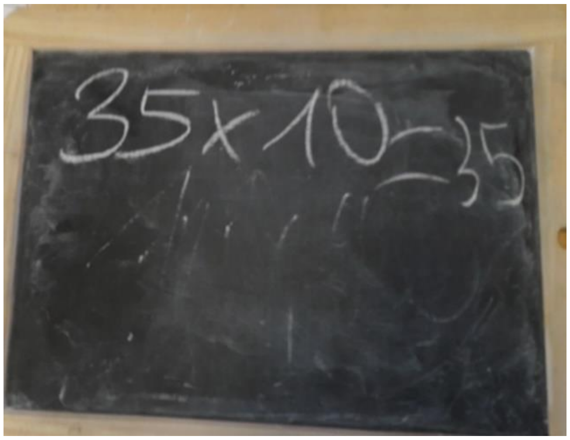
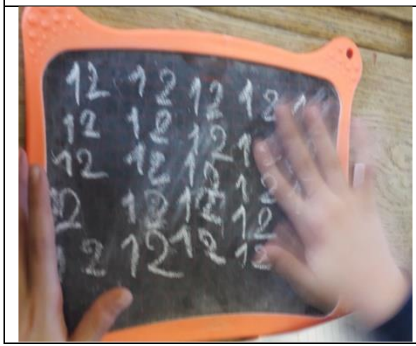
Extrait 3 du problème 2 de consolidation du manuel capmaths CE2

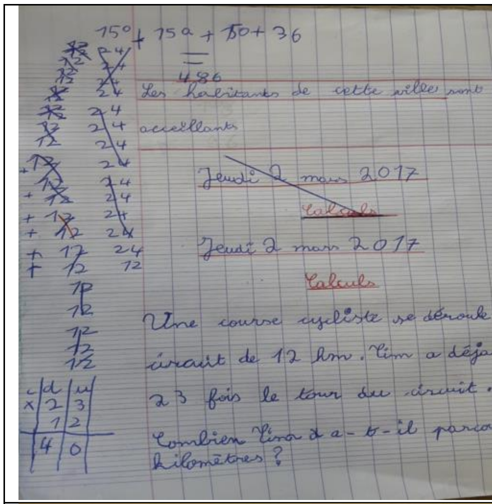
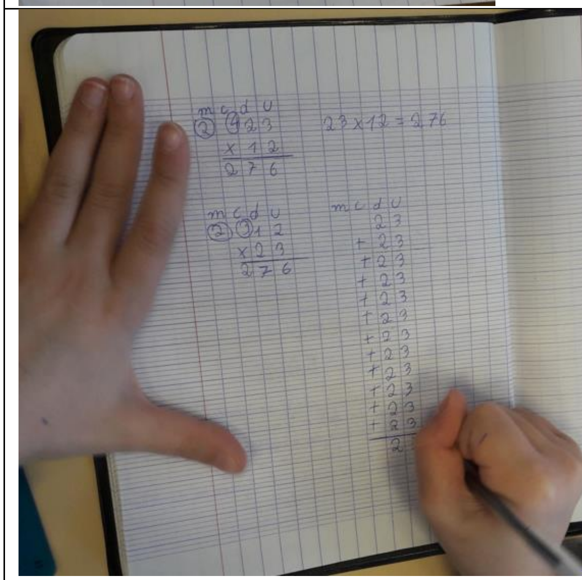
Une course se déroule sur un circuit de 17 km.
Un coureur a déjà réalisé 20 tours de circuit.
Il doit encore réaliser 6 tours pour terminer la course.

Il s'agit pour les élèves de calculer les kilomètres déjà parcourus puis le nombre de kilomètres parcourus au total. Le contexte de ce problème lui semble favorable mais elle modifie les questions et les données numériques. Le problème proposé aux élèves devient :

« Une course cycliste se déroule sur un circuit de **12** km. Tim a déjà effectué **23 fois** le tour du circuit. Combien Tim a-t-il parcouru de kilomètres ? ».
Ce problème n'impose pas un calcul s'appuyant sur des décompositions du nombre 23, rien dans l'énoncé n'encouragent à décomposer 23 en 20+3. Les élèves ne peuvent pas mobiliser des connaissances de ce type car ils n'ont pas fait l'activité de recherche qui permettait de calculer des produits en s'appuyant sur les propriétés de la distributivité. De plus, l'enseignante modifie la consigne et demande oralement aux élèves de recopier l'énoncé écrit au tableau, de faire une opération posée et un schéma pour résoudre ce problème.
Certains élèves passent une bonne partie de la séance à recopier le problème évitant ainsi de chercher, d'autres demandent immédiatement de l'aide. D'autres encore dessinent une piste (dessin à main levée d'un cercle aplati). La majorité des élèves se lancent, courageusement, dans l'addition de 23 fois le nombre 12 ou de 12 fois le nombre 23. D'autres enfin posent l'opération 23x12 et tentent de faire cette opération en appui sur leurs connaissances des multiplications à deux chiffres par un chiffre.
Nous présentons quelques procédures des élèves qui représentent les procédures les plus courantes mobilisées dans cette classe.

Tableau 1 : exemple de productions d'élèves de Ce2.

	Exemple A Cet élève additionne 12+23 et multiplie par 10 de façon à obtenir un nombre dont l'ordre de grandeur est proche du résultat. Cet élève s'appuie sur les connaissances récentes (règle des zéros) mais aussi sur des connaissances anciennes (somme de deux nombres). Ou fait ce qu'il peut avec ce qu'il sait !
	Exemple B Cet élève a une bonne représentation du problème. Il n'ose pas utiliser son cahier de brouillon mais préfère l'ardoise. Ce support ne permet pas de poser la somme de 23 fois le nombre 12. Il n'arrive pas à mener à terme sa procédure et réécrit puis efface plusieurs fois les nombres 12 écrits.

	Exemple C Cet élève après avoir passé beaucoup de temps à recopier l'énoncé, fait plusieurs essais (addition réitérée, pose d'une multiplication) sans mener à son terme la résolution du problème
	Exemple D Cet élève pose 12 fois le nombre 23. Il montre ainsi qu'il a bien des connaissances en acte sur la commutativité. Il arrive à trouver le bon résultat et pose 12x23 et 23x12, il indique sous la barre le résultat trouvé grâce à l'addition réitérée. Cet élève est conduit à produire des écritures « personnelles. » qui ne correspondent pas aux normes enseignées. (C'est dire qu'il ne fait pas apparaitre les sommes partielles dans la multiplication posée) 12 26 ------- 276

Pour conclure, l'enseignante envoie au tableau une élève qui connaissait déjà l'algorithme et conclut ainsi « vous voyez c'est la bonne solution ».

3.2 Synthèse.

Cette enseignante estime qu'elle a suivi de nombreux conseils entendus en formation. Elle a utilisé une ressource conseillée, elle a laissé les élèves chercher et a accepté toutes les procédures. Les connaissances semblent avoir émergé des élèves puisqu'une élève connaissait l'algorithme (il est raisonnable de penser qu'elle l'a appris en dehors de l'école). Elle accepte toutes les erreurs des élèves sous couvert de bienveillance à l'égard des élèves. Lors de notre entretien, elle ne perçoit pas que ce qu'elle a demandé aux élèves 12x23 était impossible à réaliser sans avoir des connaissances en acte sur la distributivité. Par ailleurs, la modification des nombres dans l'énoncé (12x23 alors qu'initialement c'était 17x26) rend possible l'addition réitérée et ne pousse pas les élèves à accepter une nouvelle procédure.
Cet exemple illustre le cercle vicieux décrit par Butlen et al., l'enseignante essaie d'éviter les difficultés, baisse ses exigences, accepte tout sous prétexte d'encourager ses élèves. Elle semble concevoir l'apprentissage des mathématiques comme des règles (exemple de la règle des zéros) et des gestes à reproduire (algorithme de la multiplication : écrire les nombres les uns en dessus des autres, tracer une barre de calcul, effectuer les sommes partielles et ne pas oublier de décaler

à la deuxième ligne). Ces gestes et ces règles ne sont pas justifiés d'un point de vue mathématique mais permettent aux élèves à court terme de réaliser des tâches simples.
L'exercice de la vigilance didactique de cette enseignante questionne dans le sens où elle ne s'appuie pas sur des connaissances mathématiques ou didactiques pour justifier ses choix mais sur une peur de l'échec et une sous-estimation des capacités des élèves. Ces choix sont guidés par le contexte du problème, la taille des nombres et des croyances liées à l'activité mathématique (comme laisser du temps pour la recherche et ne jamais intervenir au risque de laisser des élèves produire des calculs sans relation avec la modélisation su problème : c'est-à-dire additionner les données du problème (ici, 23+12) et les multiplier par 10.

Conclusion

Dans cet article nous avons essentiellement traité des difficultés scolaires des élèves issus des milieux populaires. En appui sur les travaux de Butlen et al (ibid) nous avons montré qu'il s'agissait d'une co-construction liée à des difficultés pour les enseignants à trouver des réponses adaptées à trois grandes questions de la profession. Enfin, le dernier exemple montre bien que les enseignants ont besoin d'avoir de solides connaissances mathématiques et didactiques pour exercer leur vigilance didactique allant du choix des situations à leur traitement notamment lors des mises en commun et des synthèses. La formation tout au long de la vie professionnelle semble indispensable dans le contexte actuel français

Références bibliographiques :

Allard, C & Ginouillac, S. (2014). De la ressource à la séance en classe : le cas de la proportionnalité en cycle 3. *Actes du 41ième Colloque international de la Copirelem, quelles ressources pour enrichir les pratiques et améliorer les apprentissages mathématiques à l'école primaire,* Mont de Marsan 18-19-20 juin 2014. 32 pages

ALLARD C. (2015) *Étude du processus d'institutionnalisation dans les pratiques de fin d'école primaire, le cas des fractions*, Thèse de doctorat de didactique des mathématiques, Université Paris-Diderot.

ALLARD C., BUTLEN D., MASSELOT P. (2018) Dispositif d'accompagnement en mathématiques des enseignants d'un réseau REP Plus : présentation et première analyse, *in Actes du colloque Copirelem*, juin 2017, Épinal.

BUTLEN D., PELTIER M.-L., PÉZARD M. (2002) Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs des écoles enseignant les mathématiques en REP : cohérence et contradictions, *Revue Française de Pédagogie n°140,* Paris.

BUTLEN D., PÉZARD M. (2003 a) Une contribution à l'étude des rapports entre habiletés calculatoires et résolution de problèmes numériques à l'école élémentaire et au début du collège » in Spirales, n° 31.

BUTLEN D., PÉZARD M. (2003 b) Étapes intermédiaires dans le processus de conceptualisation en mathématiques, *Recherches en didactique des mathématiques* 23 (1), La pensée Sauvage, Grenoble.

BUTLEN D. (2007) *Le calcul mental, entre sens et technique. Des difficultés des élèves aux élèves en difficulté*, Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon.

BUTLEN D., CHARLES-PEZARD M., MASSELOT P. (2015), *Apprentissage et inégalités au primaire : le cas de l'enseignement des mathématiques en éducation prioritaire*, rapport conférence de consensus numération, CNESCO

BUTLEN D., MASSELOT P., MANGIANTE C. (2017) Routines et gestes professionnels, un outil pour l'analyse des pratiques effectives et pour la formation des pratiques des professeurs des écoles en mathématiques, Recherches en didactiques, 25-40, Lille.

BUTLEN D., MASSELOT, P. (à paraitre 2018) De la recherche à la formation : comment enrichir les pratiques des enseignants afin de favoriser les apprentissages des élèves en mathématiques. Recherche et éducation, n°87.

CHARLES-PÉZARD M. (2010) Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique. *Recherches en didactique des mathématiques* 30 (2), La pensée Sauvage, Grenoble.

CHARLES-PÉZARD M., BUTLEN D., MASSELOT P. (2012) *Professeurs des écoles débutants enseignant les mathématiques en ZEP : quelles pratiques ? Quelle formation ?* La pensée Sauvage, Grenoble.

COULANGE L. (2011), Quand les savoirs mathématiques à enseigner deviennent incidents. Étude des pratiques d'enseignement des mathématiques d'une enseignante de CM2. *In* ROCHEX Y et CRINON J. *La construction des inégalités scolaires Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement*, Presses Universitaires de Rennes.

HOUDEMENT C. (2011) Connaissances cachées en résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives,* **15,** 67-96.

LAPARRA M., MARGOLINAS C. (2008) Quand la dévolution prend le pas sur l'institutionnalisation. Des effets de la transparence des objets de savoir. *In Les didactiques et leur rapport à l'enseignement et à la formation*, colloque Bordeaux. Consultable en ligne : http://www.aquitaine.iufm.fr/infos/colloque2008/cdromcolloque/communications/marg.pdf.

MOUNIER E. & PRIOLET, M. (2015) Les manuels scolaires de mathématiques à l'école primaire : de l'analyse descriptive de l'offre éditoriale à son utilisation en classe élémentaire. Rapport CNESCO pour la conférence de consensus Nombres et opérations : premiers apprentissages à l'école primaire. Repéré à http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Manuels.pdf

NGONO B. (2003) *Étude des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques en ZEP, effets éventuels de ces pratiques sur les apprentissages*. Thèse de doctorat de didactique des mathématiques, Université Paris-Diderot.

PERRIN-GLORIAN M.-J. (1992) *Aires de surfaces planes et nombres décimaux. Questions de didactique liées aux élèves en difficulté aux niveaux CM. 6^e^*, thèse d'état, Université Paris 7

Sitographie :

http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2017/04/Dossier_synthese_TIMSS_PISA.pdf

Manuel

CHARNAY R., COMBIER G., DUSSUC M-P., MADIER D., TREFFORT L. (2016). Capmaths Ce2 Manuel nombres et calculs problèmes, Hatier. P 83

La compréhension du concept de moyenne arithmétique : au-delà des connaissances calculatoires

Moulay Zahid ELM'HAMEDI[1]

Résumé

L'objectif de cette recherche est d'évaluer les effets d'un apprentissage empirique sur la compréhension du concept de moyenne arithmétique, des élèves de la 3ème année du collège (âgés entre 14 et 17 ans). Cet apprentissage empirique est concrétisé par un ensemble d'activités pratiques permettant l'appréhension de propriétés usuelles relatives à ce concept. Ces activités pratiques sont mises en place avant tout cours traditionnel et officiel introduisant cette notion statistique, habituellement axé sur l'application de la formule : $\overline{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$ *. Afin de réussir ce projet, nous avons choisi, d'une manière aléatoire, un échantillon constitué de 144 sujets relevant du niveau scolaire susmentionné. Les résultats de cette recherche, déduits à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances multiples, montrent de manière évidente que bien que la compréhension de ce concept soit plus compliquée que l'application directe et aveugle de l'algorithme de calcul présenté ci-dessus, cet apprentissage empirique a impliqué un effet positif sur son acquisition par les élèves.*

Mots clés : Moyenne arithmétique, Apprentissage empirique, Compréhension instrumentale, Compréhension conceptuelle, Conceptions erronées.

1. Introduction

La statistique est une partie des mathématiques utilisée dans de nombreux domaines tels que l'économie, les sciences naturelles, l'histoire et la géographie. Dès l'école primaire, on enseigne aux élèves des activités de recueil et d'organisation des données liées à des phénomènes naturels (quantité de pluie, température, …). Coutanson a abordé cette question de l'éducation statistique à l'école primaire en France (Coutanson, 2010). Au niveau de l'enseignement secondaire, ce n'est qu'à partir de 1983, année du début des réformes coïncidant avec l'arabisation des matières scientifiques, que la statistique est intégrée dans les programmes des mathématiques du système éducatif marocain.

A l'ère de la communication et de la technologie, les sociétés ont besoin d'analyser des données pour prendre des décisions d'ordre économique. Cela suggère qu'il soit important que les élèves développent la compréhension des concepts et des processus utilisés dans ce domaine (Lima, Pollattsek et Well, 1981; Zaki et Elm'hamedi, 2009). La moyenne arithmétique est l'un des concepts de base les plus importants dans ce projet. Les données rapportées et utilisées dans la vie quotidienne, les journaux scientifiques et les médias publics, utilisent fréquemment la notion

[1] **Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation – Région Casa-Settat, Section Provinciale de Settat.**

de moyenne. Il ne faudrait donc pas nous étonner si dans un système éducatif donné, on a choisi d'introduire une notion telle que la moyenne. En outre, cette notion est la plus incluse dans la plupart des curricula de l'éducation générale à travers le monde (Goodchild, 1988; Waston et Moritz, 1999). Elle est aussi usuelle dans le vocabulaire de la plupart des enfants, même avant de recevoir des connaissances statistiques formelles à l'école. En effet, les termes comme « taille moyenne », « âge moyen », « score moyen », sont fréquemment utilisées par les enseignants et par les ouvrages même avant que les élèves puissent comprendre les significations sous-jacentes. Bien que l'enseignement de la statistique soit souvent justifié en se référant à la nécessité de préparer les élèves aux demandes d'une société d'information, plusieurs enseignants ne fournissent pas beaucoup d'effort pour adresser directement de telles demandes (Elm'hamedi, 2010). Ils introduisent souvent dans leurs instructions des tâches obligeant les élèves à effectuer seulement des calculs sur la moyenne. Ceci peut ne pas être suffisant pour développer les habiletés de savoir-faire statistique des élèves. De même, on ne peut pas être sûr qu'ils peuvent interpréter, d'une façon raisonnable, les arguments statistiques rencontrés dans des articles de journaux, dans des informations à la télévision, dans des annonces ou dans le milieu de travail.

Bien que le concept «moyenne» semble être simple tel que l'algorithme de calcul le suggère, des recherches antérieures (Pollatsek, Lima et Well, 1981; Mevarech, 1983; Strauss et Bichler, 1988) indiquent que les élèves ont plusieurs conceptions erronées concernant cette notion. Elles ne sont pas dues au manque de connaissances procédurales de calcul de la moyenne, mais au manque de la compréhension conceptuelle de cette notion. Ce qui est interprété par l'absence d'une pensée statistique chez les élèves (Pfannkuch et Wild, 2003; Chatzivasileiou, Michalis et Tsaliki, 2010).

La moyenne arithmétique est définie par addition des valeurs puis division de la somme trouvée par le nombre de valeurs qui ont été additionnées. Strauss et Bichler (1988) ont argumenté que la simplicité des aspects de calcul du concept «moyenne» pourrait le faire apparaître plus facile. De même, Mokros et Russell (1995) ont annoncé que ce concept est un objet mathématique avec une complexité inappréciée. En fait, plusieurs compréhensions des élèves relatives au concept ne sont que l'algorithme : «Ajouter Puis Diviser». Aussi des études ont examiné les conceptions des élèves à propos de cette notion (Pollatsek, Lima et Well, 1981; Mevarech, 1983; Strauss et Bichler, 1988; Chatzivasileiou, Michalis et Tsaliki, 2010) et ont exploré les approches instructionnelles possibles (Mevarech, 1983; Hardiman, Well et Pollatsek, 1984) pour promouvoir sa compréhension. Plus récemment, les travaux de Vladimir Andrade (Andrade, 2013) ont porté sur les concepts de mesures de tendance centrale et de dispersion en portant, dans un premier temps, le focus sur leurs places dans les manuels scolaires en France et au Brésil.

Quant aux stratégies adoptées par les élèves face à la réalisation d'une tâche impliquant le concept de la moyenne arithmétique, Cai (1995) a pu remarquer qu'elles sont en nombre de trois, et sont:

- *Mise A Niveau (MAN)*, dans laquelle l'élève utilise une suite de «retranchement puis ajout» afin d'arriver à la solution adéquate du problème.
- *Ajouter Puis Diviser (APD)*, se basant sur l'application de la formule algorithmique: $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$.
- *Tâtonnement Puis Erreur (TPE)*, dans laquelle l'élève choisit premièrement une valeur donnée pour la solution, puis il contrôle si elle est en concordance avec les données du problème. Si ce n'est pas le cas, il choisit une autre valeur, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il tombe sur la valeur adéquate.

Par ailleurs, malgré la place prépondérante qu'occupe cette notion en statistique, l'étude des manuels scolaires relatifs à notre système éducatif, fait apparaitre une focalisation sur la règle $\overline{X}$

$= \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$ d'une part; et d'autre part, une large quantité de situations a été prise avec des exemples numériques, basés sur des exercices de calcul seulement. Par conséquent, une investigation à propos de l'acquisition d'un niveau de compréhension satisfaisant de la moyenne arithmétique est nécessaire pour explorer les structures cognitives dont les élèves de l'enseignement au collège ont besoin pour manipuler les autres concepts statistiques, afin de pouvoir poursuivre leurs études secondaires et supérieures avec succès (Elm'hamedi, 2014).
Ainsi, le travail que nous exposons dans cet article s'inscrit dans la continuité des réflexions et recherches menées sur la question de mise en place des situations d'apprentissage permettant d'atteindre un niveau de compréhension satisfaisant du concept de la moyenne arithmétique. Plus particulièrement, nous essayons de traiter et de mettre à l'épreuve l'hypothèse de recherche suivante:
«*Des activités pratiques, basées sur les stratégies MAN et TPE, et visant l'appréhension expérimentale de propriétés de la moyenne arithmétique, mises en place avant tout cours traditionnel et officiel axé sur la formule* $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$ *, introduisant ce concept; et surtout avant la mise en place de toute activité théorique basée sur la stratégie APD et visant l'appréhension théorique de ces mêmes propriétés, permettent une compréhension conceptuelle de cette notion, chez les élèves de la 3ème année du collège*».
Mais avant de procéder ainsi, nous allons tout d'abord passer en revue les principales recherches déjà menées sur les difficultés et modèles de compréhension relatives à cette notion statistique la plus habituellement utilisée.

2. Revue de la littérature

Les différentes recherches, déjà établies, que nous avons pu consulter et qui sont en relation directe avec notre problématique sont très nombreuses et sont toutes réalisées dans des contextes autres que celui relatif au système éducatif marocain. Leur dénominateur commun est que *la connaissance de la formule* $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$ *, seule, ne suffit pas à l'élève pour acquérir une compréhension satisfaisante du concept de la moyenne arithmétique*.
Nous nous sommes limités ici à la présentation et discussion des résultats de quelques recherches seulement, sachant que la liste n'est pas exhaustive et la plupart entre elles sont déjà signalées dans la partie introduction de cet article. Ainsi, nous avons divisé ces recherches en deux catégories principales. Chaque catégorie est identifiée par les articles ou ouvrages qui ont fait l'objet de traitement de ce concept. La première est relative à *quelques éléments d'exploration sur l'appréhension de ce concept par les élèves*. La deuxième présente *un ensemble de modèles préconisés de compréhension*, à prendre en considération lors d'un enseignement sur ce concept. L'adoption de ces modèles permet, sans doute, aux élèves d'acquérir une compréhension conceptuelle adéquate de cette notion statistique.

2.1 Quelques éléments d'exploration

- ***Pollatsek, Lima et Well (1981):***

Deux résultats essentiels sont tirés de l'étude menée dans Pollatsek, Lima et Well (1981). Le premier est qu'une forte majorité d'élèves sont incapables de pondérer et combiner correctement deux moyennes en une seule. Pour eux, la méthode de non-pondération est la seule qu'ils savent pour traiter les problèmes relatifs à la moyenne. Ainsi, les difficultés rencontrées à propos du concept « moyenne », ne sont pas restreintes aux habiletés de pondérer et combiner deux moyennes. Mais, la difficulté de base imprévue est comment manipuler la notion de moyenne dans un problème donné. Les réactions des sujets ont indiqué que les difficultés qu'ils ont trouvées ne sont pas dues à la non-connaissance de la formule algorithmique : $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$.

Une façon de résumer le manque d'habiletés, chez plusieurs élèves, à résoudre des problèmes relatifs à la moyenne pondérée est qu'ils se comportent comme si la moyenne était un concept purement formel, défini seulement en termes de calculs basés sur des nombres abstraits.
Le deuxième résultat est que le degré d'abstraction des données du problème nécessitant la détermination de la moyenne arithmétique a un effet sur la capacité de sa résolution par les élèves. Très précisément, plus les x_i sont abstraits, plus les élèves trouvent des difficultés pour résoudre des problèmes impliquant le concept de moyenne arithmétique.

○ ***Cai (1995):***
A partir d'une tâche ouverte, impliquant une situation concrète, nécessitant la détermination d'une donnée inconnue x_{i_o}, étant donné : la moyenne arithmétique, $\overline{x}$, la taille des données, n, et les autres données x_i ($i \neq i_o$), Cai (1995) a pu identifier trois stratégies de solution chez les élèves, comme nous l'avons déjà signalé dans la partie introduction de cet article, à savoir : MAN, APD et TPE.
En ce qui concerne les représentations de la solution trouvée par les élèves, Cai (1995) a pu distinguer quatre catégories : *verbale* dans laquelle l'élève a principalement utilisé une expression écrite, *illustrée* où l'élève a principalement utilisé une photo ou un graphe, *arithmétique* dans laquelle l'élève a principalement utilisé des expressions arithmétiques, et enfin *algébrique* où l'élève a principalement utilisé des expressions algébriques.

1. Modèles préconisés de compréhension

○ ***Pollatsek, Lima et Well (1981):***
En se basant sur le modèle de compréhension d'un concept mathématique établi par Skemp[2] en 1979, Pollatsek, Lima et Well (1981) a construit une compréhension complète du concept « moyenne arithmétique », dont nous présentons l'essentiel dans les deux paragraphes suivants:
Le niveau de compréhension instrumentale le plus bas peut consister à *comprendre seulement la règle de calcul de la moyenne simple d'une série de nombres*. Mais, de plus, on pense qu'il y a plusieurs genres de connaissances supplémentaires qui doivent être représentées en un schéma de moyenne. En outre, *trois genres de connaissances* peuvent être distingués : *fonctionnel*, *de calcul* et *analogique*.
Par *connaissance fonctionnelle*, on se réfère à la compréhension de la moyenne comme un concept signifiant, véritable et universel. Bien que la compréhension de la moyenne puisse sembler être limitée au calcul de la valeur de cette notion surtout lorsque les données impliquées sont abstraites, une connaissance supplémentaire est souvent nécessaire du fait que cette notion statistique est à caractère universel limitant le choix de telles données. *Une connaissance de calcul* adéquate vise à impliquer l'une ou l'autre des formules de calcul de la moyenne pondérée ou la formule de calcul de la moyenne non pondérée, combinée avec une information à propos

[2] Skemp (1979) a éclairci la distinction entre *la compréhension instrumentale et la compréhension relationnelle d'un concept.* La compréhension instrumentale d'un concept quantitatif *consiste à acquérir seulement une collection de règles isolées (vraisemblablement apprises par cœur) pour arriver à des réponses limitées d'une classe de problèmes*. Par contre, la compréhension relationnelle *consiste à formuler un schéma approprié ou une série de structures conceptuelles suffisantes pour résoudre diverses classes de problèmes*.

de la manière d'obtenir la somme appropriée. Il est particulièrement important, en résolvant des problèmes relatifs à la moyenne pondérée, de savoir que l'on peut aller de la somme d'une série de scores à la moyenne en divisant par le nombre de scores, tout aussi bien qu'on peut obtenir la somme relative à la moyenne en la multipliant par le nombre de scores. Enfin, *une connaissance analogique* pourrait impliquer des images visuelles de la moyenne comme le milieu ou le point d'équilibre. La moyenne doit être représentée analogiquement par une valeur du score autour de laquelle la somme des déviations des points de données doit être nulle; une telle représentation doit être suffisante pour empêcher les élèves de commettre des erreurs graves en résolvant des problèmes relatifs à la pondération de la moyenne, à condition qu'ils aient bien assimilé la connaissance fonctionnelle qui indique quels éléments ils ont à utiliser comme poids.
Bien qu'il puisse sembler raisonnable que les performances des élèves varient en termes de connaissances analogiques ou de calcul, Pollatsek, Lima et Well (1981) a abouti au fait que la plupart des élèves n'utilisent pas la connaissance analogique de la moyenne en traitant un problème de pondération. La connaissance de la règle de calcul seule, *non seulement n'implique aucune compréhension réelle du concept de base sous-jacent, mais peut empêcher l'acquisition d'une compréhension relationnelle adéquate*. Les élèves peuvent penser que *la compréhension instrumentale d'un concept constitue une compréhension complète*.

o ***Gall (1995):***
Quant à lui, Gall (1995) a proposé un modèle composé de trois éléments pouvant jouer un rôle très important dans le développement de la pensée statistique chez les élèves et qui sont des éléments de base pour évaluer le degré d'appréhension de ce concept par les élèves. Le premier élément est qu'il s'agit de former des élèves qui doivent comprendre:

- A quoi la moyenne est-elle utile ? (par exemple pour représenter l'emplacement du centre d'une série de données, pour aider aux prédictions et aux comparaisons),
- Sous quelles conditions y a-t-il un sens d'utiliser une moyenne, et pourquoi ?
- Qu'est ce qui pourrait arriver si une moyenne est utilisée là où elle ne devrait pas effectivement être, ou vice versa ?
- Quel est le rôle de l'outil d'équilibration dans le contexte des autres outils de la boîte à outils statistiques ? Les élèves doivent savoir dans quelles situations la moyenne est différente des autres outils, et reconnaître que la moyenne peut ne pas nécessairement être le premier outil à utiliser, le seul outil dont on a besoin, ou le plus approprié.

Le deuxième élément est qu'*il faut tester les aptitudes des élèves à mobiliser la notion de moyenne non seulement dans un contexte actif (production) s'occupant de la production des recherches basées sur des données statistiques, mais aussi dans un contexte passif qui permet d'interpréter ou de consommer ces recherches*. Le consommateur des données statistiques peut ne pas avoir nécessairement besoin de savoir beaucoup comment effectuer une recherche ou comment utiliser des techniques statistiques, mais il a besoin de savoir comment interpréter, au moins informellement, les déclarations élaborées autour du concept « moyenne ». Une activité utile pour développer le savoir-faire statistique concernant la « moyenne » peut débuter par demander aux élèves de chercher et comparer les définitions de cette notion dans les différents dictionnaires. Après, les élèves peuvent être invités à écrire, discuter et comparer leurs interprétations en formulant des phrases dans lesquelles le mot « moyenne » est enraciné, et qu'ils peuvent rencontrer en tant qu'auditeurs passifs.
Finalement, le troisième élément concerne *l'importance de la signalisation du contexte pour évaluer les connaissances des élèves, relatives à la notion de moyenne arithmétique*. Les évaluations doivent surtout être focalisées sur les aptitudes des élèves à utiliser la moyenne et à manipuler le concept « moyenne » en discutant ses utilités et ses interprétations dans des contextes différents. Il est difficile de juger entièrement qu'une personne connaît les outils, sans lui fournir le contexte (par exemple des problèmes concrets) qui peut motiver l'utilisation.

Pour évaluer les niveaux de compréhension des élèves, relative à la notion de moyenne, les enseignants doivent élaborer des tâches présentant un besoin pertinent d'utiliser cette notion. Demander aux élèves de décrire une série simple de données avec l'espoir qu'ils choisissent d'utiliser la moyenne est moins bénéfique. Les techniques graphiques (par exemple l'histogramme) les mesures ordinales (par exemple la médiane) peuvent souvent être préférables. Pourtant, les connaissances des élèves, relatives à la moyenne doivent aussi être examinées à travers des tâches d'interprétation, parce que dans la vie quotidienne, il y a peu d'instances où les citoyens ont à calculer les moyennes. De telles évaluations sont de grande utilité si les élèves ont préalablement fourni des efforts en communication écrite et orale, relative aux problèmes statistiques (Zaki et Elm'hamedi, 2013).

- ***Marnich (2008):***

La plupart des modèles de compréhension du concept de moyenne arithmétique séparent les éléments mathématiques de ceux statistiques, relatifs à ce concept. Deux conceptualisations reliées à la moyenne arithmétique sont mises en évidence, à savoir: « Partage équitable » et « Milieu de la balance ». Elles sont connectées soit à leurs places en aspects mathématiques soit à leurs places en aspects statistiques de ce concept. La conceptualisation « Milieu de la balance » conçoit le concept de la moyenne arithmétique comme le *point d'équilibre des données*; tandis que celle de « Partage équitable » voit ce concept comme *une distribution équiprobable des données*.

Une étude menée dans Marnich (2008) a signalé que les connaissances des élèves se développent en matière de conceptualisation du « Partage équitable » après qu'ils ont travaillé sur des activités focalisées sur le « Milieu de la balance ». La réciproque est aussi vraie : les connaissances des élèves se développent en matière de conceptualisation du « Milieu de la balance » après qu'ils travaillent sur des activités focalisées sur le « Partage équitable ». De plus, des activités focalisées sur l'une de ces deux conceptualisations permettent aux élèves d'améliorer leurs connaissances relatives aux concepts mathématiques liés à la moyenne arithmétique. Ensuite, cette étude a fait remarquer que la propriété usuelle de la moyenne arithmétique : «Somme des déviations autour de la moyenne est égale à zéro», est un moyen viable et efficace servant à transférer les connaissances des élèves d'une conceptualisation à l'autre: «Partage équitable» et «Milieu de la balance».

A la lumière de cette revue de littérature que nous avons présentée le long de cette partie, deux points, que nous voyons essentiels, nous donnent raison de susciter cette problématique. Le premier point est que notre recherche s'inscrira dans un contexte purement marocain, différent de ceux où se sont déroulées toutes les études évoquées par cette revue. Le deuxième point est que nous proposons des situations d'apprentissage, inspirées de ces recherches, qui est susceptible de permettre à l'élève du collège l'acquisition d'une compréhension conceptuelle relative à la notion de moyenne arithmétique enraciné dans l'histoire (Lavoie et Gattuso, 1998; Plackett, 1970).

2. Expérimentation auprès des élèves

3.1 Objectifs de l'étude et expérimentation

Nous rappelons que l'hypothèse que nous défendons dans cet article est la suivante:

«*Des activités pratiques, basées sur les stratégies MAN et TPE, et visant l'appréhension expérimentale de propriétés de la moyenne arithmétique, mises en place avant tout cours traditionnel et officiel axé sur la formule* $\overline{X} = \frac{X_1 + ... + X_n}{n}$ *, introduisant ce concept; et surtout avant la mise en place de toute activité théorique basée sur la stratégie APD et visant l'appréhension* *théorique de ces mêmes propriétés, permettent une compréhension conceptuelle de cette notion, chez les élèves de la 3ème année du collège*».

Très précisément, nous voulons savoir si la mise en place d'activités pratiques avant tout cours théorique favorise une compréhension conceptuelle de la notion de moyenne arithmétique chez les élèves de 3ème année du collège.

Les propriétés que nous avons prises en considération pour pouvoir mettre en exergue notre étude sont les suivantes :

- ***(P₁)*** : «APD» n'est pas la seule stratégie possible pour résoudre un problème impliquant le concept de la moyenne arithmétique, mais la stratégie: «MAN», basée sur une application successive de l'opération mathématique: «retrancher puis ajouter», et la stratégie: «TPE», sont aussi possibles pour réaliser un tel objectif;
- ***(P₂)*** : La valeur prise par la moyenne arithmétique est toujours comprise entre la donnée minimale et la donnée maximale;
- ***(P₃)*** : Une donnée nulle est toujours à prendre en considération et ne doit pas être négligée lors du calcul de la valeur de la moyenne arithmétique;
- ***(P₄)*** : Une donnée égale à la valeur de la moyenne arithmétique n'a pas d'effet sur la valeur de cette dernière;
- ***(P₅)*** : La somme des déviations des données autour de la moyenne arithmétique est toujours égale à zéro;
- ***(P₆)*** : La valeur prise par la moyenne arithmétique est très sensible aux données extrêmes.

3.2 Echantillons

Les sujets sur lesquels nous avons testé notre hypothèse de recherche sont les élèves de la 3ème année du collège. Ils sont en nombre de 144 (74 garçons et 70 filles), âgés entre 14 et 17 ans. Ils sont choisis d'une manière aléatoire. Dans un premier temps nous avons aléatoirement divisé ces 144 sujets en deux groupes G1 et G2 d'effectifs 72 chacun. Puis dans un deuxième temps nous avons fait un tirage au sort pour savoir parmi G1 et G2 ce qui va représenter le groupe expérimental (G.E) et le groupe de contrôle (G.C). Les rôles de chaque groupe dans la mise en place de notre hypothèse de recherche seront l'objet du paragraphe suivant dans lequel nous allons présenter le plan expérimental sur lequel nous allons nous baser.

3.3 Plan expérimental

Afin de mettre à l'épreuve notre hypothèse de recherche, nous allons adopter le plan expérimental détaillé dans le tableau I suivant. Ce plan expérimental est composé de quatre étapes. Pour chaque étape, nous avons présenté les éléments essentiels, les stratégies adoptées (MAN, TPE ou APD), les groupes concernés ainsi que la durée estimative de réalisation :

Tableau I : Eléments du plan expérimental

	$1^{ère}$ étape	$2^{ème}$ étape	$3^{ème}$ étape	$4^{ème}$ étape
Eléments de l'étape	*3 activités pratiques visant l'appréhension des propriétés P_1 jusqu'à P_6 du concept de la moyenne arithmétique.* ***(voir annexe 2)***	*Cours traditionnel et officiel sur la statistique, contenant le concept de la moyenne arithmétique.*	*Activité théorique visant l'appréhension des mêmes propriétés P_1 jusqu'à P_6 du concept de la moyenne arithmétique.*	• *Questionnaire formé de tâches (Items) à réaliser selon des objectifs (O_i) bien définis.* ***(voir annexe 1)*** • *La réalisation de chaque tâche nécessite la mobilisation d'une des propriétés de P_1 jusqu'à P_6.*
Stratégies adoptées	*MAN et/ou TPE*	*APD*	*APD*	
Groupes concernés	*G.E*	*G.E et G.C*	*G.E et G.C*	*G.E et G.C*
Durée de réalisation	*2 heures*	*4 heures*	*2 heures*	*1 heure*

3.4. Analyse *a posteriori* et interprétation des réponses des sujets

3.4.1. Codage et outils d'analyse retenus pour le traitement des réponses des sujets

Pour le traitement des réponses des sujets, l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM), nous a semblé être un outil efficace puisqu'il va permettre d'analyser et d'interpréter les réponses des sujets en termes de liens qui existent entre les modalités des différentes questions du questionnaire.

Par ailleurs, pour ne pas biaiser l'analyse, au vu du nombre important de modalités (24) pour l'ensemble des 8 questions (items) du questionnaire, face au nombre «limité» des sujets interrogés (144), nous avons décidé de retenir un codage en tri-modalité: «*Compréhension Conceptuelle*», «*Compréhension Instrumentale*» et «*Absence de Compréhension*». Nous rappelons que nous avons défini ces modalités de la façon ci-après, comme il a été déjà signalé dans l'introduction de cet article. Ce codage adopté, représente en quelques sortes des niveaux hiérarchisés de compréhension du concept de la moyenne arithmétique:

- *Compréhension Conceptuelle*: Elle sera mise en valeur lorsqu'en réalisant une question donnée, le sujet préfère utiliser l'une des deux stratégies MAN ou TPE au détriment de la stratégie usuelle APD. Elle lui apparait aussi évidente ainsi que toute propriété caractéristique de cette notion statistique, mais en aucun cas en pensant à recourir à utiliser une telle stratégie, qui est basée (rappelons-le) sur l'application de la formule $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$, pour pouvoir la vérifier, la démontrer ou la mettre en évidence.
- *Compréhension Instrumentale*: Elle sera prise en considération lorsque le sujet traite une question donnée par simple application de la fameuse règle: $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$.
- *Absence de Compréhension*: Lorsqu'il y a absence de compréhension conceptuelle et de compréhension instrumentale, ou lorsque le sujet ne donne aucune réponse à une question donnée.

Ainsi, dans le tableau II suivant, nous résumons les relations existant entre ces questions, leurs objectifs, les propriétés visées du concept de la moyenne arithmétique et les activités pratiques correspondantes, ainsi que le codage des questions et modalités adoptées.

Tableau II : Tableau de bord et codages

Question	Objectif	Propriété	*Activités*[3]	Libellé question	Code question	Codes modalités[4]		
Item n°1	O_1	P_1	A_1 et A_2	*Opérations de Calcul de la Moyenne*	*OC*	*OCC*	*OCI*	*OCA*
Item n°2 (A)	O_3	P_2	A_1, A_2 et A_3(C, D et H)	*Position de la Moyenne entre les Données extrêmes*	*PD*	*PDC*	*PDI*	*PDA*
Item n°2 (B)	O_7	P_5	A_3(E et F)	*Déviations Autour de la Moyenne*	*DA*	*DAC*	*DAI*	*DAA*
Item n°3 (A)	O_2	P_1	A_1, A_2 et A_3(C, E, G_2 et H)	*Stratégies de Calcul de la Moyenne*	*SC*	*SCC*	*SCI*	*SCA*
Item n°3 (B)	O_5	P_3	A_2 et A_3(G_1)	*Effet d'une Donnée Nulle*	*DN*	*DNC*	*DNI*	*DNA*
Item n°3 (C)	O_6	P_4	A_3(G_2 et H)	*Effet d'une Donnée Egale à la Moyenne*	*DE*	*DEC*	*DEI*	*DEA*
Item n°4	O_4	P_2	A_1	*Localisation de la Moyenne à partir d'un Diagramme en Bâtons*	*LD*	*LDC*	*LDI*	*LDA*
Item n°5	O_8	P_6	A_3(G)	*Sensibilité de la Moyenne aux Données extrêmes*	*SD*	*SDC*	*SDI*	*SDA*

3.4.2. Valeurs propres, inertie totale et nombre d'axes retenus

L'analyse factorielle des correspondances multiples appliquée au tableau disjonctif complet[5] issu du codage des réponses des sujets, a conduit à des valeurs propres non nulles de moyenne 0,125 (l'inverse du nombre de questions qui est égal à 8). Ces valeurs propres sont : λ_1=0,645, λ_2=0,214, λ_3=0,165 et λ_4=0,147. L'inertie totale est égale à 1 (nombre de valeurs propres non nulles, divisé par le nombre de questions). Par ailleurs, le calcul des taux d'inertie liés à ces quatre valeurs propres conduit aux pourcentages décroissants allant de 34,4% à 7,84%. Ces valeurs indiquent que l'essentiel de l'information est lié aux quatre premiers axes factoriels qui représentent ensemble 62,51% de l'information totale[6]. Ces valeurs propres sont différentes; cela signifie que nous sommes pratiquement en présence de deux valeurs propres simples (λ_1 et λ_2), et une valeur propre double (λ=λ_3≈λ_4). Par conséquent, il va falloir étudier les axes 1, 2 séparément, et le plan (3,4).

[3] A_i désigne : Activité n° i. Pareillement, A_i (X et Y) désigne : les questions X et Y de l'activité n° i.

[4] La dernière lettre du code d'une modalité désigne le type de compréhension considérée : C : Conceptuelle, I : Instrumentale et A : Absence de compréhension.

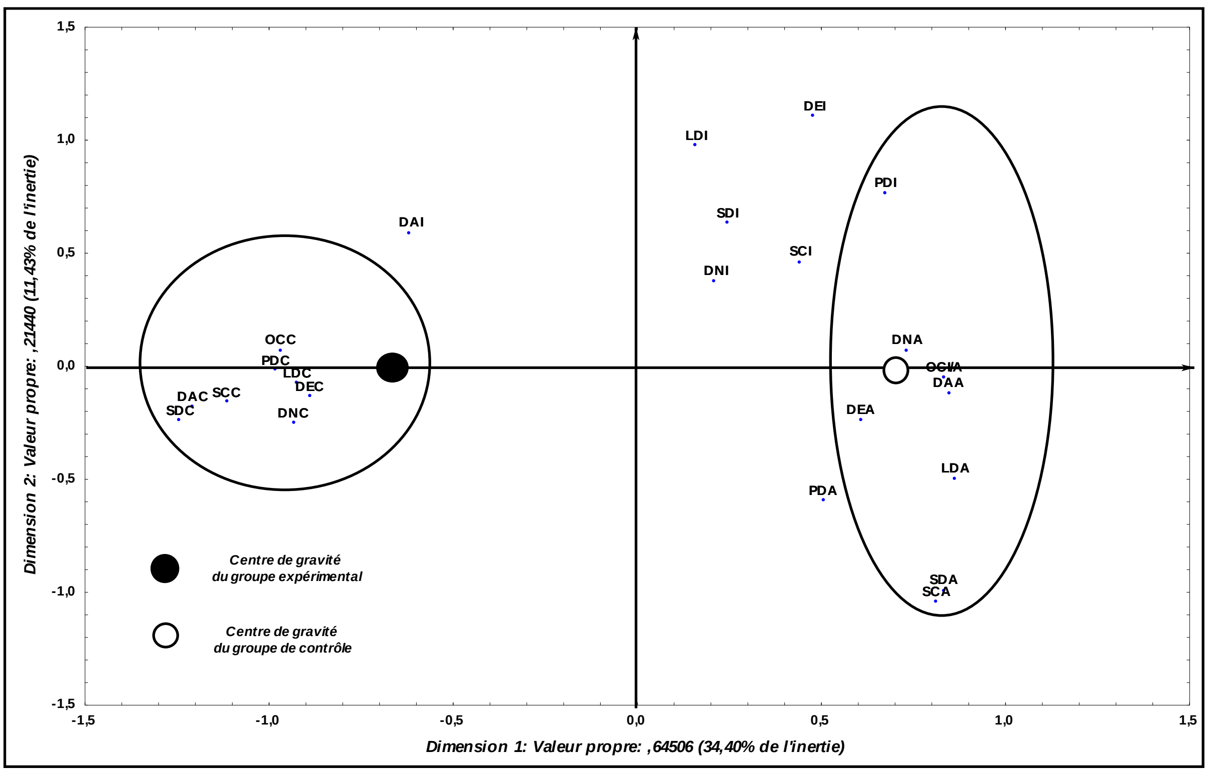
[5] Vu l'effectif très faible des sujets ayant choisi la modalité OCA de la question OC, nous avons fusionné cette modalité avec la modalité OCI de la même question pour créer une nouvelle modalité que nous avons nommée OCI/A d'effectifs la somme des effectifs des deux modalités qui les constituent. OCI/A remplacera donc dans notre analyse, OCI et OCA. Cette procédure de fusionnement est adoptée du fait que dans l'application de l'AFCM, plus une modalité ait un effectif faible plus elle aurait des contributions relatives élevées dans la construction des axes factoriels, chose qui pourrait falsifier notre analyse.

[6] 62.51% de l'information totale est considérée très importante du fait que nous avons appliqué l'AFCM sur un tableau disjonctif complet au lieu d'un tableau de Burt. Pour en savoir plus, consulter Benzécri (1979).

3.4.3. Interprétation du 1er axe factoriel (*Axe de gradient d'appréhension du concept de la moyenne arithmétique*)

L'analyse factorielle des correspondances multiples conduit à une inertie de 34,4% pour l'axe 1. En outre, toutes les modalités indiquant une compréhension conceptuelle ont une coordonnée négative sur cet axe, par opposition aux modalités indiquant une compréhension instrumentale ou une absence de compréhension, qui y ont tous une coordonnée positive (voir graphique I). Par conséquent, l'axe 1 s'interprète comme étant un gradient d'appréhension du concept de la moyenne arithmétique.
Les modalités qui contribuent le plus à la construction de cet axe sont celles entourées dans le graphique I ci-dessus[7]. Elles ont une contribution comprise entre 2.1% et 8.4%. La qualité de représentation de ces modalités par rapport à un tel axe est comprise entre 0,13 et 0,8. Nous pouvons donc considérer que toutes les questions posées dans notre questionnaire sont représentatives de ce dernier et jouent toutes un rôle dans l'évaluation de la compréhension du concept de la moyenne arithmétique chez les élèves de la 3ème année du collège.

Graphique I : Plan factoriel (1, 2)



Par ailleurs, à partir des coordonnées factorielles des individus, nous avons pu déterminer les localisations dans le graphique I des centres de gravités des groupes expérimental (G.E) et de contrôle (G.C). Nous pouvons ainsi remarquer que le centre de gravité du G.E se trouve proche des modalités impliquant une compréhension conceptuelle de la notion de moyenne arithmétique, tandis que celui du G.C se situe entre les modalités indiquant une absence de compréhension de ce concept.
Par conséquent, nous pouvons affirmer positivement notre hypothèse de recherche, en insistant

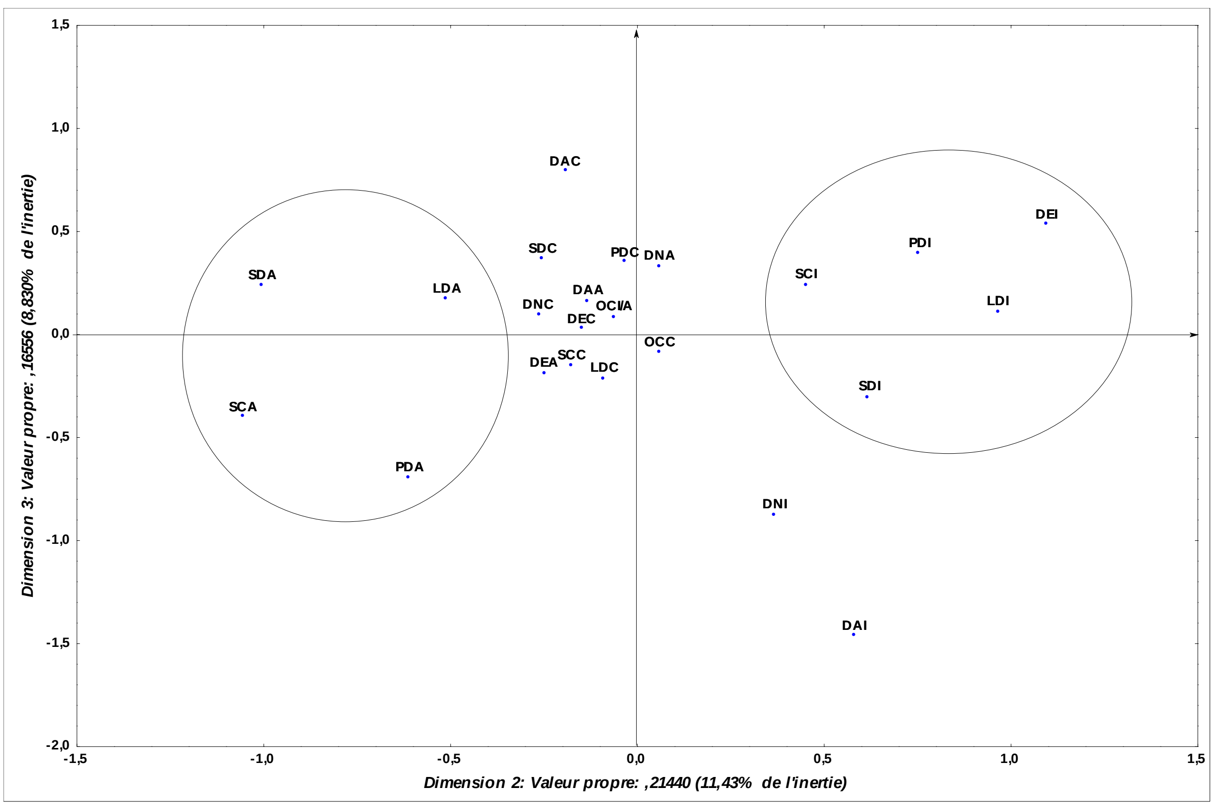
[7] Notons au passage que ces modalités occupent des positions correspondant aux modalités ayant les plus grandes coordonnées en valeur absolue par rapport au 1er axe factoriel. Sinon, le reste des modalités occupent quasiment des positions intermédiaires, avec en outre de faibles contributions relatives.

sur le fait que:
«*Des activités pratiques, basées sur les stratégies MAN et TPE, et visant l'appréhension expérimentale de propriétés de la moyenne arithmétique, mises en place avant tout cours traditionnel et officiel axé sur la formule* $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$ *, introduisant ce concept; et surtout avant la mise en place de toute activité théorique basée sur la stratégie APD et visant l'appréhension théorique de ces mêmes propriétés, permettent effectivement une compréhension conceptuelle de cette notion, chez les élèves de la 3ème année du collège*».

3.4.4. Interprétation du 2ème axe factoriel (*Axe opposant l'absence de compréhension à la compréhension instrumentale de la moyenne arithmétique*)

L'analyse factorielle des correspondances multiples conduit à une inertie de 11,43% pour l'axe 2. En outre, les modalités qui contribuent le plus à la construction de cet axe sont celles entourées dans le graphique II ci-dessous[8]. Elles ont une contribution comprise entre 5.5% et 14.1%. La qualité de représentation de ces modalités par rapport à un tel axe est comprise entre 0,15 et 0,37. En outre, cet axe oppose des modalités indiquant une absence compréhension à des modalités indiquant une compréhension instrumentale. Par conséquent, nous pouvons interpréter cet axe comme étant « *un axe opposant l'absence de compréhension à la compréhension instrumentale de la moyenne arithmétique* ».

Graphique II : Plan factoriel (2, 3)

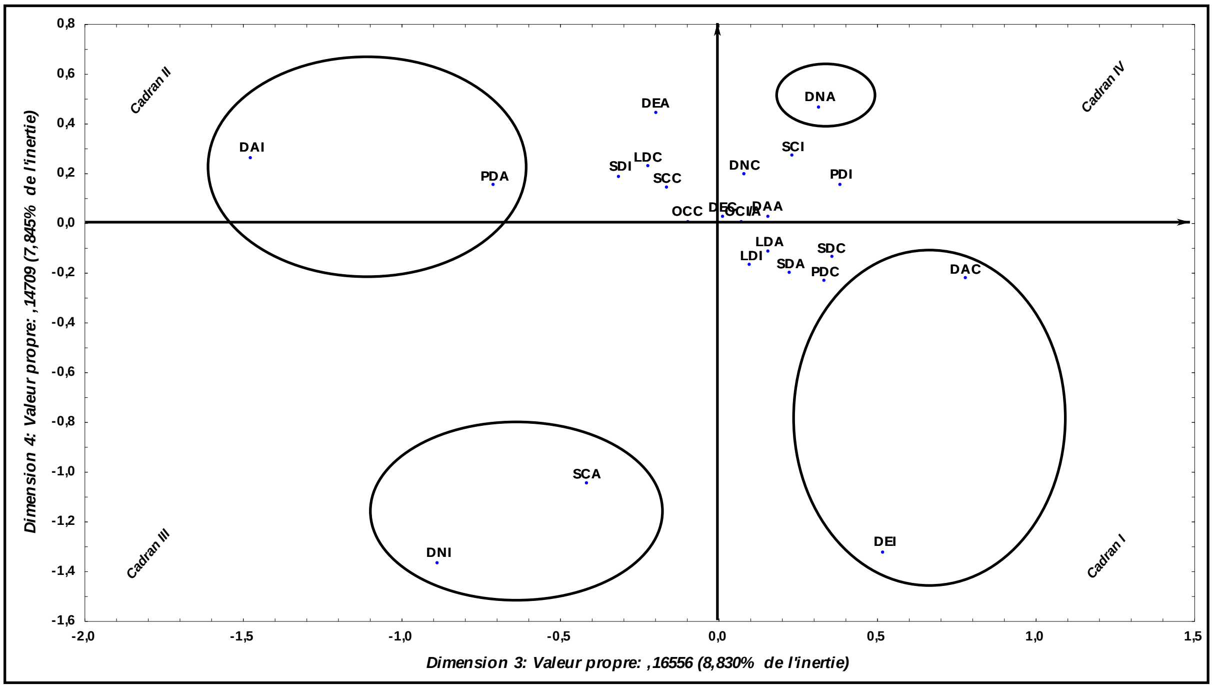


[8] Notons au passage que ces modalités occupent des positions correspondant aux modalités ayant les plus grandes coordonnées en valeur absolue par rapport au 1er axe factoriel. Sinon, le reste des modalités occupent quasiment des positions intermédiaires, avec en outre de faibles contributions relatives.

3.4.5. Interprétation du plan factoriel (3,4) (*Plan d’opposition de niveaux successifs de compréhension*)

L’analyse factorielle des correspondances multiples conduit à des inerties de 8,83% pour l’axe 3 et de 7.84% pour l’axe 4. Le graphique III suivant représente la projection de l’ensemble des modalités par rapport au plan (3,4) :

Graphique III : Plan factoriel (3, 4)



Les modalités correspondant aux plus fortes contributions relatives (comprises entre 11.4% et 32.9%) dans la construction des axes 3 et 4, et ayant une bonne représentation (comprises entre 0.19 et 0.54), sont celles qui sont entourées dans le graphique III.

En cherchant parmi ces modalités les groupements qui présentent les plus fortes oppositions, nous constatons qu’il y a quatre groupes de modalités: (DAC et DEI), (DAI et PDA), (DNI et SCA) et (DNA). Ainsi, nous pouvons déclarer que:

- Les individus qui manifestent une compréhension conceptuelle relative au fait que la somme des déviations autour de la moyenne est nulle, se caractérisent plutôt par une compréhension instrumentale traduisant le fait qu’une donnée égale à la moyenne a un effet sur la valeur prise par cette dernière.
- Aussi, les individus qui acquièrent une compréhension instrumentale concernant le fait que la somme des déviations autour de la moyenne est nulle sont-ils probablement incapables de connaitre que la moyenne est toujours comprise entre la donnée minimale et la donnée maximale, et ce lorsque les données sont exprimées par un registre sémiotique de type numérique.
- De plus, les individus qui témoignent d’une compréhension instrumentale relative au fait qu’une donnée nulle a un effet sur la valeur prise par la moyenne arithmétique, se caractérisent plutôt par un déficit relativement aux stratégies de calcul de la valeur prise par ce concept, étant donné que la seule stratégie adoptée est: APD.

De plus, ces quatre groupes de modalités s'opposent deux à deux[9] (*Cadran I vs Cadran II* et *Cadran III vs Cadran IV*). Ainsi, à partir des types de modalités composant ces groupes, nous pouvons annoncer que le plan (3,4) est un plan «*d'opposition de deux niveaux successifs de compréhension d'une même propriété; et que chaque niveau est accompagné d'un niveau de compréhension qui lui est inférieur et qui est relatif à une autre propriété différente*».

Conclusion

D'un côté, il apparait clairement que le concept de la moyenne arithmétique n'est pas aussi simple que pourrait le laisser l'algorithme de calcul $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$. Ainsi, nous concluons à partir des résultats de cette recherche qu'il est tout à fait vraisemblable que:

«*Des activités pratiques, basées sur les stratégies MAN et TPE, et visant l'appréhension expérimentale de propriétés de la moyenne arithmétique, mises en place avant tout cours traditionnel et officiel axé sur la formule* $\overline{X} = \frac{x_1 + ... + x_n}{n}$ *, introduisant ce concept; et surtout avant la mise en place de toute activité théorique basée sur la stratégie APD et visant l'appréhension théorique de ces mêmes propriétés, permettent effectivement une compréhension conceptuelle de cette notion, chez les élèves de la 3ème année du collège*».

Il apparait aussi qu'à partir des réponses des sujets au questionnaire posé, qu'il reste nécessaire d'introduire, en classe, le concept de la moyenne arithmétique en le présentant à eux sous ses différents registres sémiotiques possibles (*verbales, graphiques, tableaux, …*) et surtout en les formant pour les rendre capables de passer d'un registre sémiotique à l'autre de manière fluide en toute facilité (Duval, 1993). D'un autre côté, nous faisons remarquer que nous avions assuré les conditions pour que les sujets du groupe expérimental n'utilisent pas la stratégie « Ajouter Puis Diviser » dans l'accomplissement des différentes tâches impliquées dans les trois activités pratiques. Pour cela, nous avons essayé de mettre l'accent sur la construction de ces tâches de telle façon que les sujets ne soient pas enclin à utiliser une telle stratégie opératoire, en essayant de les contraignant à adopter les deux stratégies : « Mise A niveau » et « Tâtonnement Puis Erreurs » visant à développer chez eux la dimension de la compréhension conceptuelle de la notion de moyenne arithmétique.

Il ressort que la recherche est recommandée d'être poursuivie pour voir s'il ne serait pas préférable de programmer les trois activités pratiques que nous avons présentées ici, aux élèves du cycle du primaire? Nous pensons qu'en procédant ainsi, nous pourrions mieux garantir par la suite non seulement une compréhension conceptuelle de la moyenne arithmétique chez les élèves du collège, mais aussi une compréhension satisfaisante de ce concept. Cependant, afin de s'assurer d'une telle conjecture, il est nécessaire que ceci fasse l'objet d'études approfondies, qu'il faudra mener dans les prochains travaux relatifs à l'élaboration d'ingénieries didactiques permettant une compréhension globale de ce concept statistique.

[9] Voir Cadran I, Cadran II, Cadran III et Cadran IV du graphique III.

Bibliographie

Andrade, V. L. V. X. (2013). *Os conceitos de Medidas de Tendência Central e de Dispersão na Formação Estatística no Ensino Médio no Brasil e na França. Abordagem Exploratória no Quadro da Teoria Antropológica do Didático e da Teoria dos Campos Conceituais* (Thèse de doctorat). Université de Lyon2, France.

Benzecri, J. P. (1979). Sur le calcul des taux d'inertie dans l'analyse d'un questionnaire. *Cahiers de l'analyse des données, 4,* 377-378.

Cai, J. (1995). Beyond the Computational Algorithm: Students' understanding of the Arithmetic Average Concept. Communication présentée à: XIX Conference on the Psychology of Mathematics Education. Universidad de Pernambuco.

Chatzivasileiou, E., Michalis, I. et Tsaliki, C. (2010). *Elementary School Students' Understanding of Concept of Arithmetic Mean*. Communication présentée à ICOTS 8.

Coutanson, B. (2010). *La question de l'éducation statistique et de la formation de l'esprit statistique à l'école primaire en France. Étude exploratoire de quelques caractéristiques de situations inductrices d'un enseignement de la statistique au cycle III* (Thèse de doctorat). Université de Lyon2, France.

Duval, R. (1993). Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, IREM de Strasbourg, 5,* 37-65.

Elm'hamedi, Z. (2010). *Contribution à une ingénierie didactique pour l'enseignement et l'apprentissage des tests statistiques à l'université* (Thèse de Doctorat). Université Sidi Mohammed Ben Abdellah- Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, Fès, Maroc.

Elm'hamedi, Z. (2014). Effets d'un apprentissage empirique sur la compréhension du concept de moyenne arithmétique. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, IREM de Strasbourg, 19*, 129 - 169.

Gall, I. (1995). Statistical Tools and Statistical Literacy: The Case of The Average. *Teaching Statistics, 17*(3)*,* 97-99.

Goodchild, S. (1988). School Pupils' Understanding of Average. *Teaching Statistics, 10,* 77-81.

Hardiman, P., Well, A. et Pollatsek, A. (1984). Usefulness of a balance model in understanding the mean. *Journal of Educational Psychology, 76,* 792-801.

Lavoie, P. et Gattuso, L. (1998). *An Historical Exploration of the Concept of Average*. Communication présentée à ICOTS 5.

Lima, S., Pollattsek, A. et Well, A. D. (1981). Concept or Computation: Students' Understanding Of The Mean. *Educational Studies in Mathematics, 12,* 191-204.

Marnich, M. A. (2008). *A knowledge structure for the arithmetic mean: Relationships between statistical conceptualizations and Mathematical concepts* (Thèse de Doctorat). University of Pittsburgh.

Mevarech, Z. R. (1983). A deep structure model of students' statistical misconceptions. *Educational studies in Mathematics, 14,* 415-429.

Mokros, J. et Russell, S. J. (1995). Children's concepts of average and representativeness. *Journal for Research in Mathematics Education, 26*, 20-39.

Pfannkuch, M. et Wild, C. (2003). Statistical thinking: How can we develop it? *Teaching Children Mathematics, 2*, 360-364.

Plackett, R. L. (1970). *The Principle of The Arithmetic Mean*. In studies in the history of Statistics and Probability (vol. 1). eds. E. Pearson and M.G. Kendall London; Griffin.

Pollatsek, A., Lima, S. et Well, A. D. (1981). Concept or computation: Students' Understanding of the Mean. *Educational Studies in Mathematics, 12*, 191-204.

Skemp, R. R. (1979). *Intelligence, Learning and Action*. Wiley, Chichester.

Strauss, S. et Bichler, E. (1988).The development of Children's Concepts of the Arithmetic Average. *Journal for Research in Mathematics Education, 19*, 64-80.

Waston, J. M. et Moritz, J. (1999). The Beginning of Statistical Inference: Comparing two Data Sets. *Educational Studies in Mathematics, 37*, 145-168.

Zaki, M. et Elm'hamedi, Z. (2009). Eléments de mesure pour un enseignement des tests statistiques. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, IREM de Strasbourg, 14*, 153-194.

Zaki, M. et Elm'hamedi, Z. (2013). Aspects de quelques critiques non fondées de la théorie des tests statistiques. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, *IREM de Strasbourg, 18*, 139-171.

Annexe 1 : *Objectifs des différents items du questionnaire*

(O_1) *Savoir que : «APD» n'est pas la seule stratégie possible pour résoudre un problème impliquant le concept de moyenne arithmétique, et que la stratégie: «MAN», basée sur une application successive de l'opération mathématique : «retrancher puis ajouter», et la stratégie: «TPE», sont aussi possibles pour réaliser un tel objectif;*
(O_2) *Pouvoir mettre en œuvre l'une des stratégies «Mise A Niveau» ou «Tâtonnement Puis Erreur» pour réaliser une tâche impliquant le concept de la Moyenne Arithmétique;*
(O_3) *Savoir que la valeur prise par la moyenne arithmétique est toujours comprise entre la donnée minimale et la donnée maximale, quand ces données sont représentées dans un registre numérique;*
(O_4) *Savoir que la valeur prise par la moyenne arithmétique est toujours comprise entre la donnée minimale et la donnée maximale, quand ces données sont représentées dans un registre graphique: c'est-à-dire, pouvoir localiser le point où l'on peut lire la valeur de la moyenne arithmétique, avec les données représentées par un diagramme en bâtons;*
(O_5) *Savoir qu'une donnée nulle est toujours à prendre en considération et ne doit pas être négligée lors du calcul de la valeur de la moyenne arithmétique;*
(O_6) *Savoir qu'une donnée égale à la valeur de la moyenne arithmétique n'a pas d'effet sur la valeur de cette dernière;*
(O_7) *Savoir que la somme des déviations des données autour de la moyenne arithmétique est toujours égale à zéro;*
(O_8) *Savoir que la valeur de la moyenne arithmétique est très sensible aux données extrêmes.*

Annexe 2 : *Les trois activités expérimentales*

ACTIVITE N°1: *« EGALISATION DES TOURS »*

- **MATERIEL DIDACTIQUE:** Quarante-deux (42) cubes, tous de mêmes dimensions:

- **PROCEDURE:**

Sept de vos amis participent à un programme de gain de poids qui nécessite que chacun d'eux gagne un (1) kilogramme par semaine. Ils devront essayer de gagner ce kilogramme en mangeant des tablettes de chocolat spécial.
En faisant des tests médicaux variés, ces amis sont alors capables de déterminer le nombre de tablettes de chocolat que chacun d'eux doit manger par semaine pour gagner ce kilogramme. Les résultats de ces tests sont illustrés par la figure 1 suivante, composée de sept tours (*une tour correspond à un et un seul ami*):

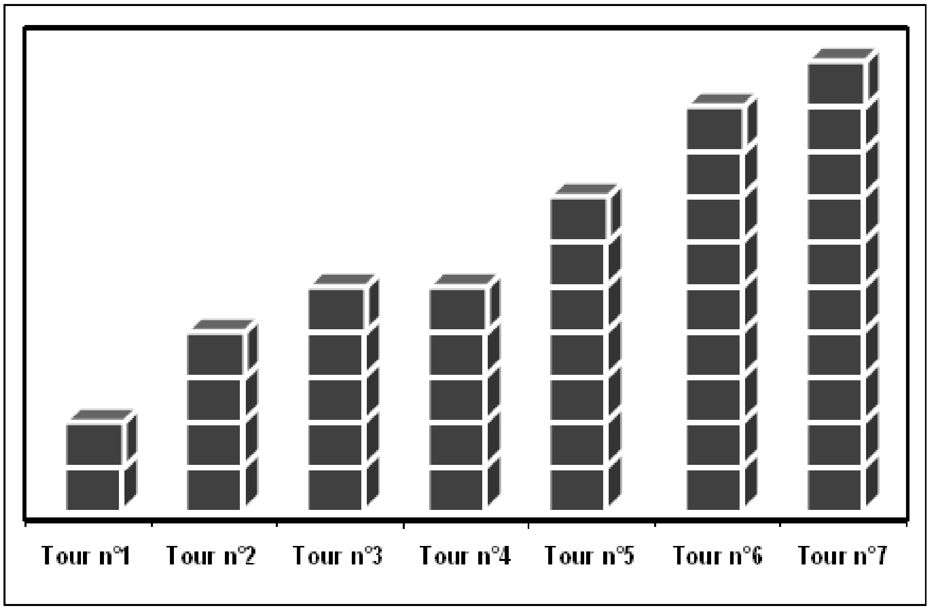
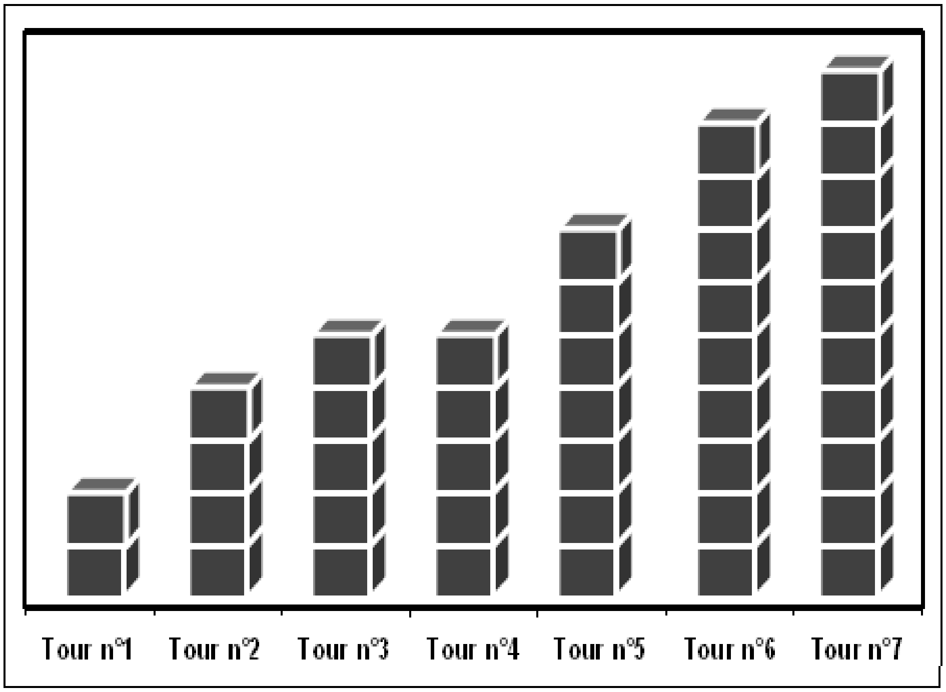


Figure 1

A. A l'aide des cubes que vous avez devant vous, essayez d'élaborer une modélisation de la figure 1.

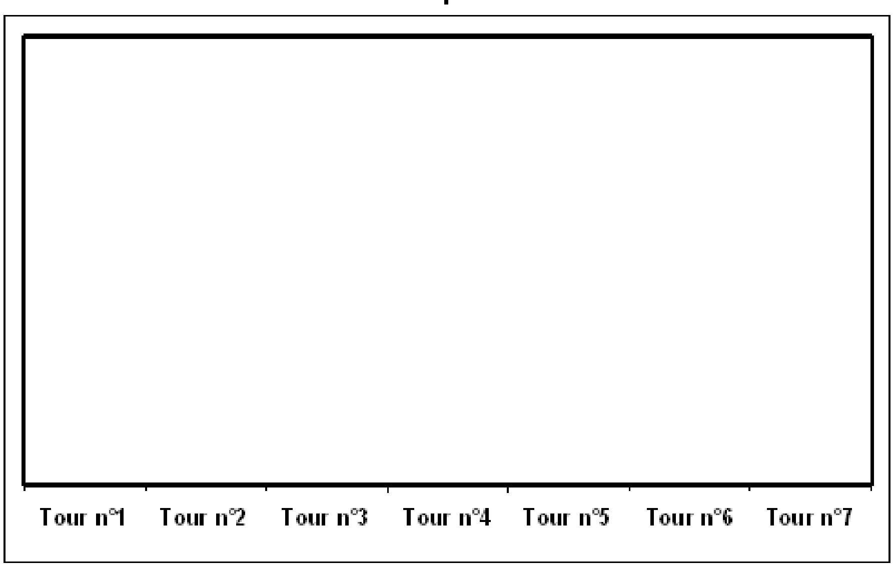
B. Dans cette question, vous êtes priés de déplacer les cubes d'une tour à l'autre jusqu'à ce qu'elles soient toutes de hauteurs égales, *sans utiliser l'opération mathématique: «Ajouter Puis Diviser»*. La hauteur commune à toutes ces tours, que vous obtiendrez, s'appelle: *nombre moyen (expérimental)* de tablettes de chocolat à consommer. Décrivez ci-dessous les étapes du processus adopté pour réaliser cette opération de mouvement des cubes. Ce processus commence évidemment par l'étape initiale (*Figure 1*) et se termine par l'étape finale (*Tours de hauteurs égales*). La description d'une étape donnée consiste à dessiner, dans la figure correspondante, les cubes actuels de chaque tour au cours de cette étape, et de remplir le tableau en dessous de chaque figure. La hauteur d'une tour donnée ne doit changer qu'une seule fois au maximum dans chaque étape.

Etape initiale (*Figure 1*)



Notation du nombre de cubes	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Valeurs	2	4	5	5	7	9	10

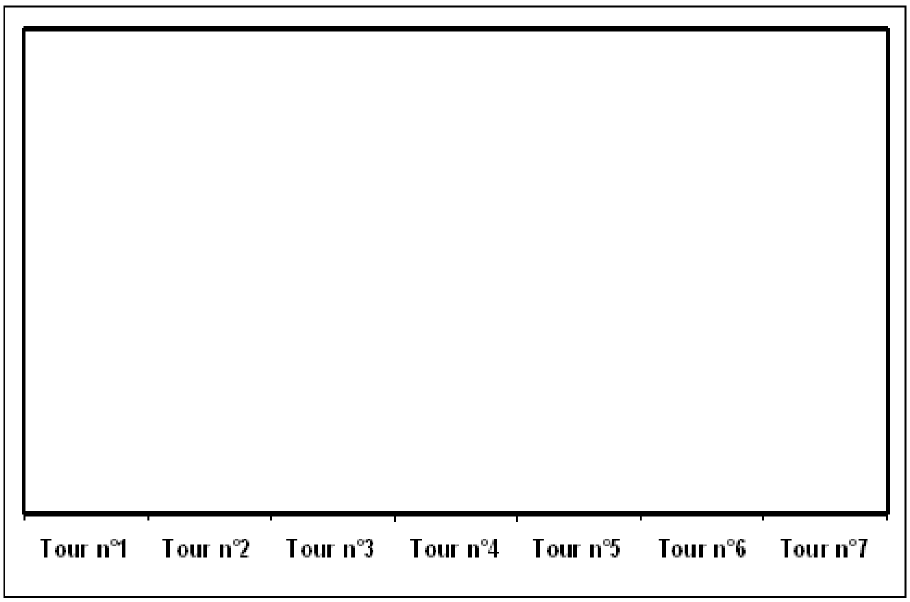
Etape 1



Notation du nombre de cubes	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
y_i en fonction de x_i							
Valeurs							

...

Etape finale (*Tours de hauteurs égales*)



Notation du nombre de cubes	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7
z_i en fonction de y_i							
Valeurs							

Ce nombre moyen (expérimental) est égal, selon vous, à:…....Tablettes de chocolat.

C. A l'aide des cubes que vous avez devant vous, faites construire à tour de rôle par chacun d'entre vous un modèle de la figure 1, puis déplacer ces cubes d'une tour à l'autre jusqu'à ce qu'elles soient toutes de la même hauteur, et ce sans utiliser l'opération mathématique : «*Ajouter puis diviser*».

ACTIVITE N°2: « *PARTAGE DES POURBOIRES* »

- **MATERIEL DIDACTIQUE:** Trois caisses numérotées de 1 à 3, contenant des sommes d'argents réparties et composées comme le montre le tableau suivant:

		Pièces composant le montant				
	Montant (en Dh)	**5 Dh**	**1 Dh**	**20 Ct**	**10 Ct**	**5 Ct**
Caisse 1	3,5	0	3	2	1	0
Caisse 2	9,25	1	4	1	0	1
Caisse 3	12,45	2	2	1	2	1

- **PROCEDURE:**

A. Les trois caisses numérotées de 1 à 3, que vous avez devant vous, contiennent respectivement des sommes d'argents de : 3,5Dh (3 pièces d'un dirham, 2 pièces de 20 centimes et une pièce de 10 centimes), 9,25Dh (une pièce de 5 dirhams, 4 pièces d'un dirham, une pièce de 20 centimes et une pièce de 5 centimes) et 12,45Dh (2 pièces de 5 dirhams, 2 pièces d'un dirham, une pièce de 20 centimes, 2 pièces de 10 centimes et une pièce de 5 centimes). Elles représentent des pourboires en faveur de trois élèves seulement, parmi vous. Faites alors un tirage au sort pour affecter ces caisses et aussi savoir l'élève qui ne recevra pas de caisse. Ces caisses appartiennent alors à trois élèves parmi vous: Elève 1, Elève 2 et Elève 3. L'élève 4 n'a pas la chance de bénéficier d'une caisse.

B. Dans un premier temps, vous, les élèves 1, 2 et 3, avez décidé de partager ces montants de pourboires entre vous trois seulement, en adoptant un jeu d'échange de pièces de monnaies, *sans utiliser l'opération mathématique: «Ajouter Puis Diviser»* les montants inclus dans les caisses. Combien chacun de vous trois devrait recevoir alors? Ce montant commun, que vous obtiendrez, s'appelle: *montant moyen (expérimental)*. Décrivez ci-dessous les étapes du processus adopté pour réaliser cette opération de partage des pourboires. Ce processus commence par l'étape initiale (*Tableau 1*) et se termine par l'étape finale (*Même montant de pourboire pour les trois élèves*). La description d'une étape donnée consiste à remplir le tableau qui y correspond. Le montant de pourboire d'un élève donné ne devrait changer qu'une seule fois au maximum dans chaque étape.

Etape initiale *(Tableau 1)*

Elèves	Notation du montant	Montant (en Dh)
Elève 1	x_1	3,5
Elève 2	x_2	9,25
Elève 3	x_3	12,45

⬇

Etape 1

Elève	Notation du montant	y_i en fonction de x_i	Montant (en Dh)
Elève 1	y_1		
Elève 2	y_2		
Elève 3	y_3		

⬇

...

Etape finale
(Même montant de pourboire pour les trois élèves)

Elève	Notation du montant	v_i en fonction de u_i	Montant (en Dh)
Elève 1	v_1		
Elève 2	v_2		
Elève 3	v_3		

Ce montant moyen (expérimental) est égal, selon vous, à: ……………Dh.

C. Etant donné que vous êtes des amis intimes, et vous décidez de faire profiter l'élève 4 des pourboires en les partageant de façon égale entre vous quatre**,** remettez les montants dans leurs caisses puis partagez les montants inclus dans les caisses entre vous quatre en adoptant seulement un jeu d'échange de pièces de monnaies, *sans utiliser l'opération mathématique: «Ajouter Puis Diviser»*. Combien chacun de vous quatre devrait-il alors recevoir ? Ce montant commun que vous obtiendrez, s'appelle: *montant moyen (expérimental)*. Décrivez ci-dessous, comme en B, les étapes du processus adopté pour réaliser cette opération de partage des pourboires. Ce processus commence par l'étape initiale (*Tableau 2*) et se termine par l'étape finale (*Même montant de pourboire pour les quatre élèves*). La description d'une étape donnée consiste aussi à remplir le tableau qui y correspond. Le montant de pourboire d'un élève donné ne devrait changer qu'une seule fois au maximum dans chaque étape.

Etape initiale *(Tableau 2)*

Elèves	Notation du montant	Montant (en Dh)
Elève 1	x_1	3,5
Elève 2	x_2	9,25
Elève 3	x_3	12,45
Elève 4	x_4	0

Etape 1

Elève	Notation du montant	y_i en fonction de x_i	Montant (en Dh)
Elève 1	y_1		
Elève 2	y_2		
Elève 3	y_3		
Elève 4	y_4		

...

Etape finale

(Même montant de pourboire pour les quatre élèves)

Elève	Notation du montant	v_i en fonction de u_i	Montant (en Dh)
Elève 1	v_1		
Elève 2	v_2		
Elève 3	v_3		
Elève 4	v_4		

Ce nouveau montant moyen (expérimental) est égal, selon vous, à: ………Dh.

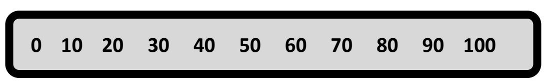
D. Le nouveau montant moyen trouvé en C est égal, selon vous, à celui trouvé en B:

☐ *Vrai* ☐ *Faux*

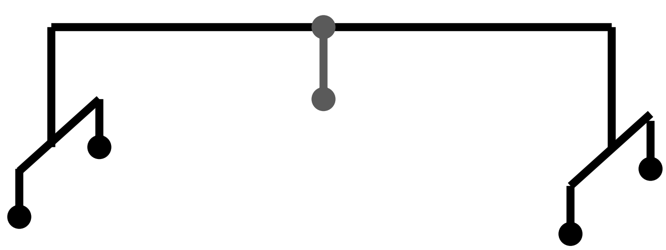
ACTIVITE N°3: « *ACTION D'EQUILIBRAGE* »

• **MATERIEL DIDACTIQUE:**

- Un bâton homogène de longueur un (1) mètre, gradué et troué aux valeurs des dizaines, en 0 et en 100:



- Une barre sur pieds à laquelle on pourra suspendre le bâton :



- Sept (7) poids égaux:

- Sept (7) crochets (de poids négligeables) permettant de suspendre les poids sur le bâton:

§, §, §, §, §, §, §

• **PROCEDURE:**

A. A l'aide du matériel que vous avez devant vous, suspendez un bâton homogène de longueur un (1) mètre en son point milieu (50 cm), comme le montre la figure 1 suivante:

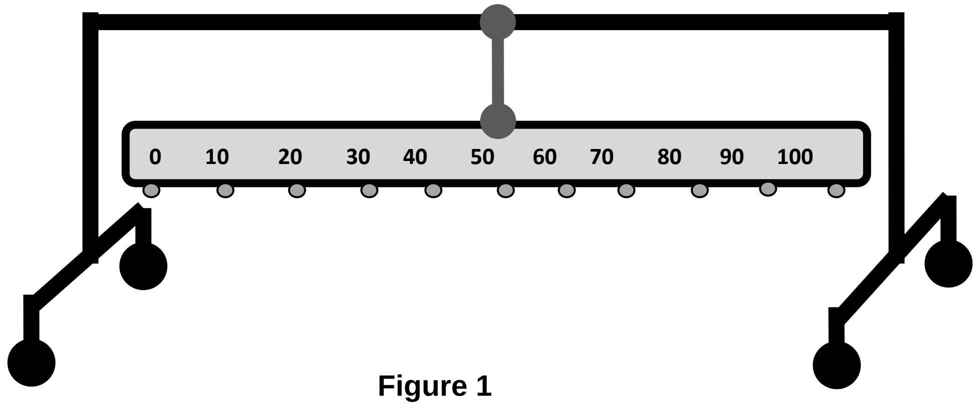


Figure 1

B. Accrochez quatre poids égaux sur le bâton aux points: 20 cm, 40 cm, 70 cm et 90 cm.

C. Essayez d'accrocher un cinquième poids de telle sorte que le bâton soit en position d'équilibre au point 50 cm ? *Ce point d'accrochage est: ….………cm.*

D. Décrochez un poids parmi ces cinq, puis essayez de déplacer les quatre autres sur le bâton de telle sorte que ce dernier soit en position d'équilibre. Inscrivez dans le tableau ci-dessous les points d'accrochage:

Poids	Points d'accrochage
1er poids	*……………cm*
2ème poids	*……………cm*
3ème poids	*……………cm*
4ème poids	*……………cm*

E. Comparez alors la somme des distances au milieu du bâton des poids à gauche du point 50 cm à celle des distances au milieu du bâton des poids à droite de 50 cm. *Ces deux sommes de distances sont:* ☐ *Egales* ☐ *Différentes*

F. Raccrochez de nouveau quatre poids égaux sur le bâton aux points: 20 cm, 40 cm, 70 cm et 90 cm comme dans la question B. *Les deux sommes de distances correspondantes sont cette fois-ci:* ☐ *Egales* ☐ *Différentes*

G. Accrochez quatre poids égaux aux points: 30 cm, 40 cm, 60 cm et 70 cm. Vous pouvez ainsi remarquer que le bâton est en position d'équilibre au point 50 cm. Vous procédez ensuite à déplacer le cinquième poids du point 0 cm jusqu'au point 100 cm, tout en passant par: 10 cm, 20 cm, 50 cm, 80 cm et 90 cm. En faisant ce déplacement croissant du cinquième poids, vous remarquez que:

G.1. Plus on s'écarte du point 0 cm vers le point 50 cm, plus le bâton tend vers sa position d'équilibre: ☐ *Vrai* ☐ *Faux*

G.2. Le bâton garde sa position d'équilibre si le cinquième poids est accroché au point 50 cm: ☐ *Vrai* ☐ *Faux*

G.3. Plus on s'écarte du point 50 cm vers le point 100 cm, plus le bâton s'écarte de sa position d'équilibre: ☐ *Vrai* ☐ *Faux*

H. Décrochez tous les poids suspendus sur le bâton puis raccrochez de nouveau quatre poids et ce aux points suivants : 30 cm, 40 cm, 60 cm et 70 cm. Vous pouvez ainsi remarquer que le bâton est en position d'équilibre une fois suspendu au point 50 cm. En accrochant successivement un cinquième poids, un sixième poids puis un septième poids dans le même point 50 cm, vous remarquerez que :

- *Le bâton conserve sa position d'équilibre.*
- *Plus vous accrochez les trois poids (le cinquième, le sixième puis le septième) un après l'autre, plus le bâton s'écarte de sa position d'équilibre.*

Les difficultés langagières au centre des pratiques algébriques : l'exemple de la transition collège/lycée en Tunisie

Sonia BEN NEJMA[1]

Résumé

L'enseignement des mathématiques au début de l'enseignement secondaire, en Tunisie, montre une forte centration des programmes sur la modélisation et la résolution de problèmes. Parmi les contraintes institutionnelles qui pèsent sur les pratiques enseignantes pour mettre en place cette nouvelle approche, figure la langue d'enseignement. Ce facteur langagier semble avoir un impact sur les apprentissages des élèves et sur l'adaptation des enseignants à ce changement. Partant des nouvelles prescriptions en termes de curricula et des évolutions repérées dans le domaine de l'algèbre, nous analysons les pratiques déclaratives d'enseignants concernés par cette transition. Nous mettons en évidence les enjeux liés l'enseignement de ce domaine et les difficultés rencontrées par les professeurs pour gérer les obstacles langagiers de leurs élèves. Un travail de mise en langage comme lieu de développement et de déplacement de la pensée algébrique s'avère nécessaire à l'implantation d'une telle réforme.

Mots clés : algèbre-modélisation-pratiques enseignantes-langue.

L'intervention de la langue dans l'activité mathématique peut sembler restreinte si bien que l'on pourrait penser que les éventuelles difficultés des élèves dans les pratiques langagières n'ont que peu de répercussions sur leurs apprentissages concernant cette discipline. Pourtant, plusieurs études, (Bronner, 2004, Millon-Fauré 2011) montrent que les élèves qui ont une langue de scolarisation différente de leur langue maternelle rencontrent des difficultés dans l'apprentissage des mathématiques. Les recherches que nous avions menées d'abord dans le cadre de notre travail de DEA (2004) ,puis dans le cadre de notre thèse (2009) ont motivé ce travail de recherche visant à explorer davantage les répercussions des difficultés langagières des élèves sur leurs apprentissages en nous centrant sur le domaine de l'algèbre et étudier d'autre part, les difficultés d'adaptations des pratiques enseignantes à une réforme centrée sur la modélisation dans un contexte qui laisse à la charge du professeur les enjeux de cette transition.

1. Problématique et méthodologie de recherche

1.1 Problématique et contexte de la recherche

Dans le contexte tunisien, l'enseignement des mathématiques est dispensé en langue arabe jusqu'à la fin du collège (9ème année de l'enseignement de base.). L'entrée au lycée (transition au secondaire) est accompagnée d'un changement de langue d'enseignement des disciplines scientifiques dont les mathématiques. L'apprentissage scolaire du français, langue seconde

[1] Université Tunis-Carthage- Faculté des sciences de Bizerte- Tunisie.

obligatoire en Tunisie, introduit dans le système éducatif tunisien dés la troisième année de l'école base et prolongé jusqu'au baccalauréat, laisse penser que le niveau de langue acquis à l'entrée au lycée leur permettront de poursuivre leurs études scientifiques sans grande difficulté. Or des études ont montré que les élèves en général ne maitrisent pas suffisamment la langue française et ont réellement des difficultés à comprendre, à formuler et à rédiger. Dans le travail que nous menons, nous nous centrons sur le domaine de l'algèbre bien que ce facteur linguistique touche à tous les domaines des mathématiques et scientifiques en général. Le domaine choisi offre aux élèves la possibilité de résoudre des problèmes extra-mathématiques ou faisant appel à plusieurs domaines ou cadres par une modélisation algébrique. Des travaux antérieurs (BEN NEJMA 2004) ont permis de rendre compte du rôle important de la langue dans l'échec de la résolution de problèmes du premier degré généralement classiques. Des énoncés formulés dans les deux langues proposés aux élèves ont fait apparaitre des stratégies de résolutions différentes, et une survivance des techniques arithmétiques (essai-erreur, fausse position..) jusqu'en première année du secondaire de façon accentuée et menant un nombre non négligeable d'élèves à des succès occasionnels. Les raisons qui expliquent leur survivance semblent moins liées à la structure des problèmes proposés, qu'à des effets de langue. Les élèves concernés par ces expérimentations semblaient se réfugier dans un raisonnement de type arithmétique, suite à des difficultés dans la compréhension ou dans l'interprétation des énoncés. Des erreurs d'ordre linguistique (lexicales ou syntaxiques) sont d'ailleurs, apparues à travers les réponses des élèves soit au niveau de l'interprétation des informations et des liens évoqués par les situations proposées soit au niveau de l'écriture mathématique (rédaction).
Par ailleurs, une étude sur les pratiques enseignantes dans un contexte de réforme (BEN NEJMA, 2009) a permis de dégager une stabilité des pratiques algébriques centrées sur la résolution algébrique ou graphique au détriment d'un travail de mise en équation(s) ou de résolution de problèmes. Nous souhaitons approcher ce phénomène selon un autre point de vue, celui de la langue d'enseignement et des répercussions éventuelles qu'une langue d'enseignement étrangère pourrait avoir sur les pratiques d'enseignement en algèbre. Dans le cadre de cette intervention, nous présentons les résultats des analyses à la fois institutionnelle et celles des pratiques déclaratives d'enseignants chevronnés concernés par cette transition, mais avant, nous exposons notre méthodologie de recherche et le cadre théorique qui l'a étayé.

1.2 Méthodologie de recherche

L'analyse institutionnelle renvoie aux pratiques prescrites par l'institution scolaire par le biais des programmes et des manuels officiels. Dans notre cas, il s'agit d'analyser ceux de la 9ème année de l'enseignement de base qui correspond à la fin du collège et ceux de première année de l'enseignement secondaire. Une étude à la fois qualitative et quantitative a permis de caractériser les approches d'enseignement et les types d'activités proposés, les savoirs algébriques enseignés. Puis nous amorçons une étude des pratiques enseignantes sur la base d'entretiens semi-directifs. Nous avons mené des entretiens auprès de 36 enseignants provenant de lycées différents dans différentes régions de la Tunisie. La méthode d'entretiens semi-directifs a été privilégiée dans le sens où elle offre des opportunités aux différents interviewés d'exprimer leur point de vue (Darricarrère et Bruillard, 2010). Ces derniers, en répondant librement aux thèmes en question, révèlent d'autres points auxquels l'intervieweur n'avait pas pensé dans la construction de la grille d'entretien. L'intervieweur, quant à lui, a aussi les possibilités de relancer des questions pour avoir plus de précisions sur les nouveaux points évoqués qu'il juge importants. Des enregistrements audio d'entretiens, d'une heure trente environ chacun, avec quatre enseignants dont les témoignages nous ont paru intéressants à explorer pour la suite dans le cadre d'une analyse des pratiques effectives. Les entretiens ont été transcrits, codés et analysés. Après une lecture répétée de ces transcriptions, une grille d'analyse de ces entretiens a été construite et structurée.

Nous décrivons d'abord les concepts théoriques que nous avons utilisé pour mener ce travail.

2. Cadre théorique de la recherche : La TAD

2.1 Rapport institutionnel/ Rapport personnel à un objet de savoir

Dans le cadre de la TAD, l'assujettissement de l'enseignant à l'institution dans laquelle il évolue relativement à un objet de savoir, peut être décrit en terme de rapport institutionnel (Ri (o)).
« Le rapport institutionnel Ri (0) est ce qui apparaît quand on observe le destin de O dans l'institution I vue comme une totalité (comme un système). En réalité, il existe, au sein d'une institution donnée, un système de positions P (ou de place, de topos), à chacune desquelles correspond un rapport institutionnel Ri (o). En ce rapport, s'inscrit ce que l'on fait avec O quand on est dans la position P au sein de l'institution…Ces rapports institutionnels constituent le système essentiel des conditions et des contraintes sous lesquelles se forme et évolue le rapport personnel à O des acteurs de l'institution. » (Chevallard1989, pp 213- 214). Son rapport personnel à cet objet de savoir va se construire « sous la contrainte du rapport institutionnel » (Chevallard, 1992, p 89). Cette personne devient un bon sujet de l'institution relativement à O, si *la composante publique*[2] de son rapport personnel est jugée conforme au rapport institutionnel à O. D'où selon Chevallard (1989)
« Une personne X est assujettie à une foule d'institutions. Je poserai ici l'axiome qu'une personne n'est en fait rien d'autre que l'émergent d'un complexe d'assujettissements institutionnels. Ce qu'on nomme « liberté » de la personne apparaît alors comme l'effet obtenu en jouant un ou plusieurs assujettissements institutionnels contre d'autres » (Chevallard, 1989, p 91).
Se pose alors la question de la description des rapports institutionnels à cet objet de savoir. L'analyse des praxéologies mathématiques (relatives à un objet) constitue dès lors un outil méthodologique de l'étude.

2.2. Le concept de praxéologie

Nous rejoignons dans ce sens Bosch et Gascon pour répondre à la manière de décrire l'ensemble des contraintes institutionnelles :
« …en considérant les praxéologies ou organisations didactiques dominantes dans l'institution considérée, c'est à dire les systèmes de types de tâches, de techniques, de technologie et de théories qui existent dans l'institution considérée et qui permettent aux sujets de l'institution de mettre en place, en les activant des organisations mathématiques déterminées sous des conditions particulières données. » (2002, p.3).
La notion de praxéologie va permettre d'étudier cette action humaine institutionnelle ou encore ces pratiques institutionnelles à travers le postulat que : Toute pratique institutionnelle se laisse analyser en un système de tâches, qui peuvent elles-mêmes analysées par un système de tâches/ techniques/ technologies/ théories. Ce modèle proposé par l'approche anthropologique permet d'analyser les activités institutionnelles et donc d'analyser le rapport institutionnel à un objet de savoir, qui à son tour est clivé en un rapport institutionnel pour l'élève et un rapport institutionnel pour l'enseignant. Ces rapports institutionnels pour l'élève et pour l'enseignant répartissent les rôles, tâches et compétences respectifs de chacun dans l'institution.
Des outils de description des organisations mathématiques permettent de restituer la dynamique de celles-ci (Chevallard 1999, p229). En effet, la description des organisations mathématiques en

[2] « Tout rapport personnel apparaît comme clivé en deux composantes, rapport public et rapport privé. Lorsque le rapport personnel est examiné du point de vue de son adéquation à un rapport officiel éventuel, c'est sa composante publique qui est seule évaluée, la composante privée s'élabore à l'écart du regard de l'institution, dans la sphère privée de l'individu et, si elle sous-tend le rapport public, elle ne s'y laisse généralement pas lire à découvert. » (Chevallard 1989, p .93).

terme d’organisations mathématiques ponctuelles ou sujets (OM renvoyant à une unique tâche), d’organisations mathématiques locales ou thèmes (OM organisant le regroupement d’un ensemble de type de tâche autour d’une technologie), d’organisations mathématiques régionales ou secteurs (OM organisée par un amalgame d’OM locales autour de la théorie) et d’organisations mathématiques globales ou domaines (regroupement de plusieurs OM régionales), permet de distinguer différents niveaux d’OM et de tenir compte de la dynamique existant entre ces organisations mathématiques de différents niveaux .

2.3. Les niveaux de codétermination didactique

Chevallard (2002) définit une structuration en différents niveaux de détermination mathématique et de détermination didactique, qui permettent de mettre au jour les conditions et les contraintes pesant sur les différents systèmes didactiques. Ce chercheur distingue, pour l’étude d’un thème donné, les différentes organisations suivantes, allant de la plus particulière à la plus générale : ponctuelle, locale, régionale et globale. Pour expliciter ces concepts, choisissons un thème d’étude, comme « la résolution des systèmes d'équations linéaires à deux inconnues ». L’organisation praxéologique ponctuelle ne prend en compte qu’un seul type de taches qui s’étudie par une ou des techniques, prenant elles-mêmes appui sur une technologie et une théorie relative a ce type de taches. Par exemple, il pourrait s’agir de résoudre "par élimination". Ce type de tâches est alors un sujet d’études pour le professeur, que celui-ci plonge ensuite dans une organisation locale, amalgamant plusieurs types de tâches que l’on peut étudier utilisant des techniques différentes. En découle que la justification de l’agglomération de ces différents types de tâches ne se fait plus par des techniques comme pour le cas précédent mais par une technologie. Dans ce cas, on passe au niveau supérieur du thème d’études, regroupant divers sujets d’études. Le professeur doit ensuite gérer une organisation plus vaste, à un niveau supérieur, que Chevallard nomme régionale, et qu’on peut regarder formellement comme le fruit de l’amalgamation d’organisations locales admettant la même théorie. L’organisation régionale correspond alors à tout un secteur mathématique dépendant d’une même théorie. Une dernière étape pour terminer cette échelle, est celle de l’organisation globale qui est constituée par l’amalgamation de ces organisations régionales et identifiable à un domaine d’études, pour nous l'algèbre et l’ensemble de ces domaines est amalgamé en une commune discipline – pour nous, « les mathématiques ». Pour les niveaux supérieurs de détermination didactique, il distingue donc pour une *discipline* donnée (niveau 1), les niveaux de *domaine* (niveau 2), *secteur* (niveau 3), *thème* (niveau 4) et *sujet* (niveau 5).

3. Des travaux en didactique de l'algèbre

La connaissance des perspectives d’enseignement de l’algèbre et des problématiques, qu’elles peuvent poser, permet d’avoir du recul par rapport à l'évolution de l'enseignement de ce domaine dans la transition collège/lycée et aux choix des stratégies d’enseignement des professeurs, compte tenu à la fois de leur épistémologie du domaine et de leurs conceptions.
Les études menées dans ce sens et, encore une fois, nous ne cherchons pas une quelconque exhaustivité étant donné la diversité des travaux existants, (Bednarz, Kieran, 1996) montrent quatre perspectives d’introduction de l’algèbre complémentaires mais dont certaines sont privilégiées actuellement dans le système tunisien. Une approche par la généralisation, une approche par la résolution de problèmes / mise en équation(s), une approche par la modélisation et une approche fonctionnelle et technologique. Nous nous centrons ici sur l'approche par la modélisation. Cette approche permet d’organiser le travail algébrique autour de deux dimensions non indépendantes : une dimension « outil » où l’algèbre est considérée comme un outil de résolution de problèmes divers intra-mathématiques ou extra-mathématiques, et une dimension « objet » ou l’algèbre est considérée comme un ensemble structuré d’objets dotés de propriétés,

de modes de représentations et de traitement. Différentes recherches ont également montré la difficulté de passer d'un enseignement fondé sur la maîtrise des objets algébriques et des techniques de base (résolution d'équations, calcul littéral…) à une perspective de l'algèbre comme « outil ». L'enseignement peine à donner une réelle dimension aux activités de modélisation, ce qui explique la diversité des approches modernes d'introduction à l'algèbre qui mettent l'accent sur la dimension « outil » de l'algèbre tout en envisageant différemment cette dimension d'une approche à l'autre.

Nous faisons également référence à un autre aspect du travail algébrique, celui des représentations sémiotiques et de la dialectique entre registres de représentation sémiotiques. « *Un registre se détermine par rapport à un système sémiotique permettant de remplir les trois fonctions cognitives fondamentales (communication, traitement et objectivation), un cadre se détermine par rapport à des objets théoriques, en l'occurrence des objets mathématique. »(Duval 1996, p.357*).

A titre d'exemple, dans le cadre[3] algébrique, nous avons considéré les principaux registres de représentations sémiotiques pour les objets « équations du premier degré » et « systèmes de deux équations à deux inconnues » que nous avons mis en rapport avec les types de tâches généralement proposés aux élèves :

- Le registre du langage naturel impliqué notamment dans les tâches de modélisation.
- Le registre numérique/ arithmétique qui relève essentiellement du domaine des nombres et est impliqué dans la résolution des équations ou des systèmes d'équations par des techniques de nature arithmétique : essai erreur, substitution numérique, tâches de vérification…
- Le registre des écritures algébriques en rapport notamment avec les tâches de résolution algébrique des équations et des systèmes linéaires.
- Le registre des écritures fonctionnelles en rapport avec des tâches d'interprétation fonctionnelles d'objets algébriques (équations à deux inconnues ou systèmes…) qui peuvent se traduire par des symbolisations spécifiques propres au registres des fonctions affines.
- Le registre graphique est le registre des représentations mobilisées dans la résolution ou l'interprétation graphique des solutions d'une équation à deux inconnues, d'un système linéaire ou la représentation de fonctions affines associées aux équations.

La coordination entre ces registres est l'un des enjeux majeurs des approches d'enseignement de l'algèbre qui tendent de faire évoluer les activités mathématiques dans ce sens. Or cette coordination n'a rien de spontané, selon Duval (1993) elle met en jeu des phénomènes de non congruence sémantique entre la représentation de départ et celle d'arrivée qui fait souvent obstacle à la conversion. Ce problème de conversion est particulièrement sensible dans la résolution de problème. Duval s'interroge dans ce sens « *Mais cela ne reviendrait-il pas à renforcer les difficultés de l'apprentissage de l'algèbre quand les problèmes posés impliquent des énoncés et que l'on connaît les difficultés de beaucoup d'élèves même au lycée, à traduire un énoncé en écriture littérale ?* »(Duval, 1993) .

4. La langue d'enseignement et l'activité mathématique

Regardons tout d'abord l'activité algébrique elle-même, on pourrait penser qu'une mauvaise maîtrise de la langue française n'a ici que peu d'influence. En effet, ce domaine s'est doté d'un langage symbolique quasi universel, dont on peut aisément mesurer l'efficacité : il suffit pour cela de lire les premiers textes mathématiques (résolution de problèmes arithmétiques…) rédigés entièrement en langue française. L'utilisation du langage symbolique a permis non seulement de

[3] Le mot « cadre » est utilisé dans l'acceptation que lui donne Douady (1984) c'est-à-dire comme « constitué des objets, des relations entre les objets, de leurs formulations éventuellement diverses et images mentales associées à ces relations et ces objets. Ces images jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des outils comme objet du cadre. » (Douady, 1986, p. 10-11).

faciliter grandement la compréhension de ces écrits, mais également d'utiliser des raisonnements inaccessibles jusqu'alors. S'ajoute à cela l'illustration «aisée» d'une grande part du lexique mathématique sous forme de schéma (notamment pour la plupart des termes concernant la géométrie) et la «pauvreté» de ce lexique comparé à d'autres disciplines. Ce système sémiotique n'est pas pour autant suffisant à la pratique des mathématiques : de nombreux concepts utiles à cette activité ne possèdent pas de traduction dans le langage symbolique et le recours à la langue s'avère alors incontournable, notamment lors de la rédaction de définitions, théorèmes, propriétés... Par ailleurs, l'usage de la langue nécessaire à l'activité mathématique s'avère souvent particulièrement délicat : Du point de vue du lexique, certains termes véhiculent, lorsqu'ils sont utilisés en mathématiques, un sens différent de celui habituellement transmis.
Examinons un énoncé de mathématiques du point de vue de la pragmatique. Austin (1962), distingue dans un acte de langage trois dimensions clés : la dimension locutoire, illocutoire et perlocutoire. L'acte locutoire correspond à la simple production d'un énoncé. La valeur illocutoire d'un tel énoncé correspond à ce que le locuteur *fait* par son énonciation. Cela dépendra du contexte dans lequel se produit l'énonciation. Certains énoncés mathématiques ont une forte valeur illocutoire. La phrase «Soit un triangle ABC tel que…» ou «je nomme M le point équidistant de…» suffit à créer l'élément décrit et à permettre ensuite de raisonner sur cette figure, figure qui pourrait éventuellement s'avérait impossible si le postulat de départ était erroné (c'est le cas lors des raisonnements par l'absurde). L'énoncé «Résoudre l'équation $3x + 5 = 2$ » a également une valeur perlocutoire : le terme «équation» devrait provoquer chez l'élève un type de manipulations bien spécifiques, différentes de celles que l'on utilise pour manipuler des identités ou des fonctions.
Rappelons enfin, sans entrer dans les détails, le rôle que joue l'activité langagière dans la pensée. D'après Piaget, l'intelligence apparaît bien avant le langage, c'est-à-dire bien avant la pensée intérieure qui suppose l'emploi de signes verbaux. Mais c'est une intelligence pratique, qui porte sur la manipulation des objets et qui n'utilise que des perceptions et des mouvements organisés en schèmes d'actions. Vygotski (1985) explique que c'est avec la langue que l'on pense. Le langage modifie profondément l'intelligence et offre la possibilité d'évoquer les situations passées ou futures, c'est-à-dire en dehors du champ perceptif. Cette aptitude s'avère particulièrement utile dès qu'une activité nécessite une certaine abstraction. En mathématiques, par exemple, si l'on commence, généralement dans les petites classes à réfléchir à partir de manipulations, très vite, l'élève devra être en mesure d'effectuer des raisonnements sans aucun support concret. L'abstraction mise en jeu lors des activités mathématiques nécessitera donc une certaine activité langagière pour mener à bien ses raisonnements.
Un problème se pose alors pour les élèves ayant en leur possession deux langues : quelle langue choisir pour leur discours intérieur ? Moschkovitch (2005) montre par exemple que les élèves immigrés préfèrent en général utiliser la langue dans laquelle ils ont appris le savoir qu'ils cherchent à utiliser : ainsi les élèves ayant appris leurs tables en arabe, continuent généralement à se réciter celles-ci dans cette langue, même après de nombreuses années de scolarisation en anglais. Ceci amène ainsi certaines personnes, ayant eu plusieurs langues de scolarisation, à changer plusieurs fois de langues pour résoudre un problème et donc à effectuer plusieurs traductions qui risquent de monopoliser leurs capacités cognitives au détriment du raisonnement mathématique proprement dit. Dans ces conditions, on peut craindre que ce jonglage entre les langues n'augmente sensiblement le temps de réponse, le risque d'erreurs et les efforts demandés, L'activité mathématique nécessite donc des capacités langagières non triviales. Dans le contexte tunisien, à part le fait que, la langue arabe d'enseignement se différencie du langage parlé ou courant, le passage de la langue française à la langue arabe peut rendre difficile l'apprentissage de certaines notions mathématiques et complexifie davantage la modélisation des situations extra-mathématiques. Chacune fondement d'un système sémiotique ayant ses propres règles de signifiance et de fonctionnement, la traduction de l'une vers l'autre peut poser des

difficultés de congruence sémantiques entre registres. Duval (1988) définit cette notion selon trois principaux critères :

- la correspondance sémantique : à chaque unité signifiante de la représentation de départ correspond une unité signifiante dans la représentation d'arrivée ;
- l'univocité sémantique : pour une unité signifiante, il ne correspond qu'une unité de la représentation de départ et il ne correspond qu'une unité de la représentation d'arrivée ;
- la correspondance d'ordre dans l'arrangement des unités signifiantes composant respectivement les représentations.

Par exemple, dans chaque langue l'ordre des mots au sein de la phrase obéit à des normes propre à la langue elle même. Pour la langue arabe il y a usuellement deux types de phrases selon qu'elle débute par un verbe ou par un sujet : la phrase dite verbale : c'est une phrase du type **V. S. O** (V :verbe, S :sujet, O :objet). Elle est dite verbale car elle débute par un verbe. La phrase dite nominale : c'est une phrase du type **M. K** (M : moubtada, K : khabar). Ce type de phrase ne contient ni verbe ni auxiliaire. Par contre dans la langue française il y a exclusivement un seul type de phrase en référence à l'ordre et à la nature des mots en jeu : **S.V** ou **A. O** (S : sujet, V : verbe, A : auxiliaire être ou avoir, O : objet). Ainsi, la phrase dans la langue française est nominale mais pas au sens de la phrase nominale arabe car elle fait intervenir dans son corps ou un verbe ou un auxiliaire. La traduction d'une phrase de la langue arabe à la langue française ne passe pas pour le non averti sans problèmes.

5. Analyse institutionnelle

Notre recherche étant centrée sur l'algèbre au niveau de la 1ère année du lycée, c'est bien entendu à ce niveau que les expérimentations sont effectuées et que les données sont recueillies. Cependant, afin de situer la recherche par rapport aux différents niveaux de l'échelle de codétermination didactique (Chevallard, 2002), plusieurs études préliminaires sont effectuées, afin de ne négliger aucun grain d'analyse. Nous penchons-nous sur les contraintes et conditions imposées par l'institution (le lycée), en considérant les programmes officiels de mathématiques et l'unique manuel officiel.

Les outils utilisés pour cette étude sont la notion de praxéologie, avec le quadruplet type de tâches, techniques, technologie, théorie, mais également l'analyse écologique comme moyen de questionnement de notre corpus.et les outils issus du cadre didactique de l'algèbre. Notre grille d'analyse est fondée sur des éléments de réponse aux questions suivantes:

Quelle est la place accordée à la modélisation algébrique et plus particulièrement à la mise en équation(s) ? Quels sont les différents types de tâches proposés autour des concepts d'équation et de système d'équations ? Quelles sont les techniques associées ? Y a-t-il complétude (Bosch et al., 2004) de ces types de tâches, de ces techniques ? Les technologies et théories correspondantes sont-elles explicitées, quels sont les choix effectués ?

5.1. La 9ème année de l'enseignement de base (fin collège)

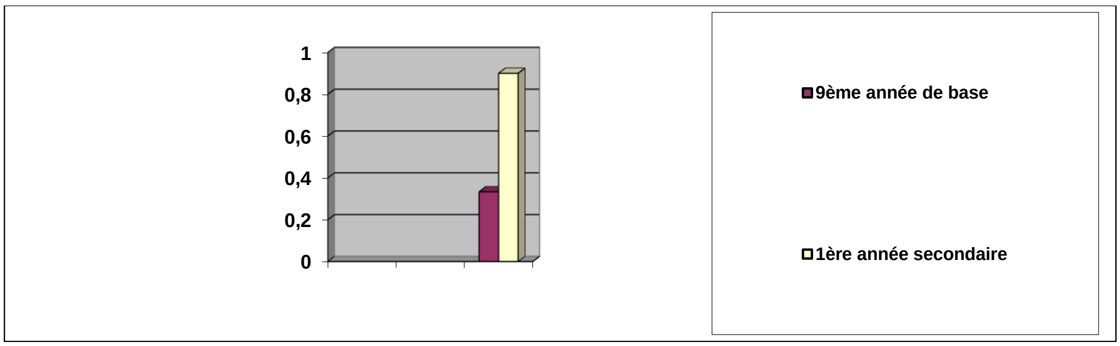
L'analyse des programmes officiels de $9^{ème}$ année de l'enseignement de base et la première année de l'enseignement secondaire et l'analyse du manuel officiel pour chaque niveau d'enseignement fait ressortir les points suivants :

* La maîtrise de la dialectique entre le maniement formel des calculs algébriques et la connaissance des systèmes de nombres semble constituer l'objectif majeur de l'enseignement de l'algèbre au collège.

* L'introduction des équations au niveau du collège se fait d'une façon « pragmatique » au détriment d'une justification technologico-théorique des techniques algébriques de résolution. La technique de résolution algébrique d'un problème et les contextes dont ils peuvent émerger ne sont nullement évoqués. Ceci laisse penser que ce type de tâches vient plutôt comme un domaine

d'application et de réinvestissement de connaissances relatives à la résolution d'équations et ne nécessitent pas d'enseignement spécifique.
* Les problèmes proposés dans le manuel sont puisés dans la cadre numérique, du type « trouve un nombre… » ou le cadre des grandeurs faisant intervenir les formules d'aires et de surfaces de figures géométriques (rectangle ; pyramide…).
* La structure des problèmes du premier degré proposés aux élèves dans les deux manuels montrent l'évolution de l'approche de l'enseignement des équations. Le faible pourcentage des problèmes déconnectés (Bednarz) au niveau du collège laisse croire qu'une articulation entre l'arithmétique et l'algèbre est souhaitée. En revanche, la fréquence des problèmes déconnectés au niveau de la 1ère année du secondaire marque une volonté institutionnelle à montrer la pertinence de l'outil algébrique, dans des situations insolvables par des démarches arithmétiques

Graphique I : Fréquence des Problèmes déconnectés dans la transition collège/lycée



Par ailleurs, Un pourcentage assez élevé d'énoncés de problèmes présentés aux élèves de 1ère année apparaissent comme non congruents à l'équation à établir, comme on peut le voir ci-dessous . Cette difficulté de conversion inter-registres est accentuée par le changement d'une langue à l'autre en vue de mettre le problème en équation.

Tableau I : Pourcentages de problèmes congruents et non congruents

Facteur de congruence sémantique	Enoncé congruent à sa traduction algébrique	Enoncé non congruent à sa traduction algébrique
9ème année de base	**67 %**	**33 %**
1ère année secondaire	**31 %**	**68 %**

5.2. La première année de l'enseignement secondaire

Le domaine central du savoir à enseigner est spécifié et désigné, il s'agit de l'algèbre dont l'entrée se fait par les équations du premier degré (à une inconnue ; à deux inconnues, les systèmes d'équations à deux inconnues…). Les premiers thèmes du programme[4] s'articulent autour du calcul dans IR et de la notion d'ordre dans IR. Ces notions ont déjà été traitées au niveau de la 9éme année de base, elles sont reprises à ce niveau pour une meilleure consolidation des acquis antérieurs et avec une attention particulière au changement de langue qui est laissé à la charge de l'enseignant. On peut lire : « *Les élèves ont des acquis concernant ces notions, ces acquis*

[4] Programmes officiels pour l'année 2002-2003.

sont à consolider et à compléter notamment au niveau du vocabulaire et de l'expression mathématique. » (programmes officiels, page 9)
Dans le domaine consacré aux « Activités algébriques », on voit apparaître les secteurs et thèmes d'études que nous synthétisons dans le tableau suivant:

Tableau II. Niveaux de codétermination didactique dans le domaine algébrique

Secteurs d'études	Identités remarquables	Fonctions linéaires - Fonctions affines	Equations et inéquations linéaires du premier degré à une inconnue réelle	Systèmes linéaires de deux équations à deux inconnues réelles ».
Thèmes d'études	Addition, soustraction et multiplication des expressions algébriques. • Calcul de la valeur numérique d'une expression littérale. • Développement, factorisation et simplification des expressions algébriques en utilisant les produits remarquables	Détermination de l'expression d'une fonction linéaire connaissant l'image d'un réel. • Détermination de l'expression d'une fonction affine connaissant les images de deux *réels distincts.* • Modélisation de situations réelles menant à des fonctions linéaires ou affines.	• Résolution des équations et des inéquations linéaires du premier degré à une *inconnue.* • Détermination du signe d'un binôme du premier degré. • Modélisation de situations réelles menant à des équations et des inéquations.	• Résolution des systèmes linéaires de deux équations du premier degré à deux inconnues. • Modélisation de situations réelles menant à des équations, des systèmes d'équations.

Les concepteurs du programme mettent particulièrement l'accent sur la modélisation algébrique et le discours tenu sur les contenus disciplinaires est formulé en types de tâches assignées à l'élève. Contrairement à ce qui semblait être le cas au niveau du collège, la « mise en équation des problèmes » constitue ici un objectif majeur. L'enseignement de l'algèbre à ce niveau parait s'organiser principalement autour de l'enseignement des équations et des systèmes d'équations selon une perspective de l'algèbre comme « outil » pour résoudre des problèmes intra et extra mathématiques. De plus, des techniques sont bien spécifiées, puisqu'on trouve pour la première fois dans les programmes la description d'une méthode de « mise en équation(s) » : « *Pour la résolution de tout problème, on dégagera nettement les différentes phases : choix de l'inconnue ou des inconnues, mise en équation, résolution de l'équation ou du système d'équations, vérification et interprétation des résultats.* » (Programmes officiels, pages9)
D'autre part, le programme précise le champ des problèmes proposés et la grande diversité des cadres et des contextes dont ils doivent être issus. On peut lire : « *Les problèmes seront puisés dans le domaine mathématique ou dans le domaine des autres disciplines (physique par exemple) ou encore dans l'environnement social et économique de l'élève* » (programmes officiels, page 9). Cette perspective de l'algèbre comme « outil » ressurgit également dans la description du contenu du programme, on cite « *l'enseignement des mathématiques contribue à faire acquérir un ensemble de connaissances et « de savoir faire » susceptibles de favoriser (l'interaction de l'apprenant) avec l'environnement, la mathématisation de certaines situations vécues* ».
L'articulation entre le registre des écritures algébriques et les autres registres de représentations sémiotiques notamment celui du langage naturel et le registre graphique, apparaît comme une composante de la compétence algébrique prise en compte par l'institution, particulièrement pour ce niveau scolaire.

5.3. Bilan

Une centration sur l'approche de l'algèbre par la modélisation
Les rapports institutionnels aux objets algébriques évoluent dans un contexte qui offre des possibilités de disposer d'applications internes et externes aux mathématiques. Ces situations mettent en jeu une variété de contextes et une diversification des domaines d'expériences selon une approche à la fois constructiviste et interdisciplinaire des apprentissages. De nombreuses activités proposées dans le manuel officiel mettent en avant une étude simultanée des organisations mathématiques autour de la résolution. Ce choix des activités qui « prolifèrent » semblent en grande partie conditionné par les rapports existants entre les mathématiques et d'autres domaines : sciences physique, sciences économiques et sociales. Les élèves sont censés développer des aptitudes à utiliser différentes approches de recherche, à élaborer des stratégies de résolution, à modéliser des situations réelles et à persévérer dans leurs efforts. » .

Des dialectiques implicites entre le registre arithmético-numérique et le registre algébrique
L'enjeu de cette approche permettant d'entrer dans un raisonnement de type algébrique n'est pas explicité au niveau des directives du programme officiel mais apparait au fil des activités et des exercices proposés au élèves dans leur manuel officiel : assurer au niveau de l'enseignement une rupture épistémologique entre l'arithmétique et l'algèbre en accordant plus d'importance aux types de tâches qui mettent en jeu les différents statuts des lettres et de l'inégalité, de nouvelles appréhensions des objets de savoir et des modes de résolution de problèmes . Par contraste avec ce qui se passe au collège , c'est désormais le travail de recherche de l'interprétation adéquate qui prime.
Des dialectiques renforcées entre le registre algébrique et le registre graphique
La nouvelle visée de l'enseignement de l'algèbre accorde une place essentielle au travail graphique, des types de tâches en rapport avec le maniement des différents modes de représentations : tableau de nombres, représentations graphiques et symbolisme algébrique, la lecture graphique ou encore la résolution graphique de problèmes apparaissent systématiquement dans chaque chapitre du manuel officiel. Cette approche semble faire évoluer le rapport aux objets algébriques d'un point de vue « inconnu » vers un point de vue « variable » par le sens donné aux différentes représentations (graphique, équations…) et à leur utilisation « avec flexibilité » pour décrire et interpréter des situations extra-mathématiques. Insister sur ces interrelations dans une telle perspective curriculaire nous semble un enjeu de savoir essentiel dans la mesure où elles contribuent dans les pratiques algébriques à passer d'une conception des équations en terme de quantités connues et de quantités inconnues à une conception en terme de variables dépendante et indépendante.
Une reprise des notions du cadre numérique pour un renforcement du registre de la langue chez les élèves
Les notions en rapport avec le calcul dans IR et la relation d'ordre rencontrées en 9ème année de base sont reprises pour une meilleure consolidation des acquis antérieurs et avec une attention particulière au changement de langue qui paraît être laissé à la charge de l'enseignant. On peut lire : « *Les élèves ont des acquis concernant ces notions, ces acquis sont à consolider et à compléter notamment au niveau du vocabulaire et de l'expression mathématique*. » (Programmes officiels). L'analyse réalisée par le biais des programmes officiels et des manuels scolaires a permis de mettre en évidence une certaine continuité pour l'enseignement des équations mais a également révélé des différences qui se situent sur le plan technologique, épistémologique , du formalisme adopté et linguistique .Ces différences auront une influence sur les pratiques algébriques en général.

6. Analyse des pratiques déclaratives

Des entretiens ont été mené auprès de 36 professeurs expérimentés dans des établissements différents certains dans des gouvernorats différents du pays. La méthodologie utilisée pour mener ces entretiens est inspirée de quelques principes de base de l'approche de Vermesch sur l'entretien d'explicitation. Les entretiens sont menés sous un mode semi-directif, c'est-à-dire ni entièrement ouvert, ni entièrement fermé. Nous disposons de questions guides, relativement ouvertes, auxquelles nous désirons que les enseignants répondent. Mais les questions ne sont pas obligatoirement posées dans l'ordre où elles sont initialement prévues, ni sous leur formulation exacte. Nous souhaitons ainsi laisser s'exprimer librement l'interviewé, dans les mots qu'il souhaite et dans un ordre qui lui convient. Cette forme d'entretien nous semble laisser plus de liberté à l'enseignant de mettre en évidence son rôle ,Contrairement à un entretien directif avec des questions fermées qui laisse peu de place à l'initiative de parole, puisque l'interviewé se contente de répondre à la question, sans aller plus loin, le chercheur tentera de simplement de recentrer l'enseignant sur les thèmes et les questions qui l'intéressent quand l'entretien s'en écarte, et de poser les questions auxquelles l'interviewé ne vient pas par lui-même.
Le premier entretien, individuel, vise à recueillir des informations concernant les rapports de l'enseignant à l'algèbre et à la modélisation plus particulièrement.

- Du point de vue du programme et des contenus du manuel officiel
- Du point de vue de sa pratique
- Du point de vue des compétences des élèves en langue française.
- Du point de vue de la construction des savoirs algébriques.

Partant de ces thèmes, nous avons élaboré des questions guides pour aborder ces sujets. Notons que le questionnement précise que le niveau de classe considéré est la 1ère année secondaire, mais nous laissons l'enseignant s'exprimer de façon plus générale s'il le souhaite, les informations recueillies pouvant être utiles pour différents points de vue, comme le point de vue épistémologique ou de sa pratique. Lors de la passation de cet entretien, les enseignants ne connaissent pas encore les intentions du chercheur sur sa recherche. C'est à l'issue de cet entretien que l'objectif est dévoilé. Pour chacun des enseignants, l'entretien est enregistré et retranscrit.
Nous cherchons dans cette analyse à valider les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 :
Les difficultés langagières perturbent la pratique de l'enseignant en rapport avec la modélisation et en particulier la "mise en équations".

Hypothèse 2 :
Les difficultés langagières modifient l'activité de l'enseignant au détriment parfois de l'activité algébrique elle-même.

L'analyse des transcriptions nous ont apporté quelques informations intéressantes concernant les conceptions des enseignants. Si la plupart des enseignants reconnaissent que cet handicap doit gêner l'activité mathématique, ils ne le considèrent généralement pas comme l'obstacle principal. Selon eux, la plupart des élèves arrivés au lycée ont des acquis suffisants en langue française pour entreprendre des études de mathématiques dans cette langue. Les professeurs concernés, déclarent n'opérer aucun changement dans leurs pratiques. La spécificité de leur auditoire rend obligatoire une certaine remise en cause des pratiques d'enseignement déclarées qui semblent figées dans un enseignement transmissif sans l'implication des élèves dans la construction des savoirs algébriques. D'autre part, certains enseignants ne semblent pas conscients des difficultés langagières de leurs élèves d'autre adoptent en quelque sorte une "politique de l'autruche" et préfèrent remettre en cause le système d'enseignement qui ne prend pas en considération la spécificité de cette transition . Une grande majorité, attribuent les erreurs récurrentes de leurs élèves à des problèmes de compréhension des énoncés, qui proviendraient davantage des difficultés de raisonnements, plutôt qu'à une maîtrise insuffisante de la langue française.

Toutefois, les avis des professeurs semblent départagés entre la façon de gérer ce phénomène langagier et la mise en place d'une approche d'enseignement centrée sur la résolution de problèmes. Si certains cherchent à travailler avec leurs élèves le vocabulaire français spécifique des mathématiques ce qui nous a paru rare lors des analyses des pratiques déclaratives (6 enseignants parmi 36 interrogés), la plupart, chercheront à modifier leurs pratiques dans le sens d'une simplification du travail mathématique pour leurs élèves, ce qui ne favorise pas sans doute l'entrée dans la pensée algébrique. On décèle à travers les entretiens une négociation à la baisse du contrat didactique en vue de dépasser les obstacles liés à une compréhension erronée des énoncés. Il conviendra de regarder tout particulièrement l'attitude de ces enseignants dans leurs pratiques en classe.
Les résultats obtenus à la suite de l'expérimentation, montrent que la plupart des enseignants se centrent sur des tâches purement techniques, de résolution, des calculs formels.. et des tâches de résolution graphique. Selon leur auditoire, les phénomènes langagières n'aurait pas de rapport directe avec l'activité algébrique en général .On pourrait alors se demander les raisons qui empêcheraient ces enseignants à proposer des problèmes de mise en équations et des situations de modélisation. Leur culture mathématique ne serait-elle pas pour quelque chose? Sauf que nombre d'entre- eux *déclarent "* j'évite de proposer des situations du manuel pour la simple raison que les formulations et les contextes paraissent difficile, voire problématiques pour les élèves et je perds beaucoup de temps à expliquer les énoncés, je me trouve contraint à les traduire en arabe pour qu'ils puissent saisir la situation, finalement, je pense que le plus important c'est qu'ils sachent résoudre les équations et les systèmes d'équations obtenus ". Il semble que les pratiques de ces enseignants sont décalées par rapport aux pratiques de référence, reste à analyser les pratiques effectives pour confirmer ces constats.
On pourrait donc se demander jusqu'à quel point une maîtrise insuffisante de la langue française pourrait empêcher les élèves de résoudre un problème posé et quelles seront les conséquences si ces mêmes situations étaient formulées en langue arabe?

Conclusion

Le croisement des analyses institutionnelles avec celles des pratiques déclaratives des enseignants montre que le facteur linguistique est une contrainte qui pèse sur la mise en place d'une approche d'enseignement basée sur la modélisation en particulier lors de cette transition. La résistance des enseignants à adopter une telle perspective d'enseignement peut s'expliquer en partie par la crainte de se confronter aux difficultés langagières de leurs élèves. Ce phénomène semble limiter leur épanouissement dans l'exercice même de leur métier donnant lieu parfois à des pratiques algébriques décalées des pratiques de référence ou des convictions personnelles à propos de la mise en équations.
Si cette recherche a permis de pointer cette problématique de la langue dans les pratiques enseignantes en algèbre, il reste un champ de recherche très vaste à entreprendre à ce sujet notamment une analyse des pratiques effectives permettrait d'approfondir et d'étayer les résultats obtenus . Un dispositif d'enseignement monté spécifiquement pour des élèves en difficultés peut être aussi très intéressant à envisager dans le cadre d'une ingénierie didactique, dans le cadre d'une assistance à la formation des enseignants. Une réforme centrée sur une approche par la modélisation ne peut être effectivement implantée que si le système d'enseignement prend en compte la problématique de la langue comme un siège de développement de la pensée algébrique chez les élèves.

Références bibliographiques :

Ben Nejma, S. (2004*). La mise en équations en première année de l'enseignement secondaire*

tunisien: transition collège/lycée. Mémoire de DEA, Université de Tunis.
Ben Nejma, S. (2009). *D'une réforme à ses effets sur les pratiques enseignantes-Une étude de cas : l'enseignement de l'algèbre dans le système scolaire tunisien*. Thèse de Doctorat, Université Paris Diderot Paris7 et Université de Tunis.
Chevallard, Y. (1989). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège, deuxième partie, perspectives curriculaires: la notion de modélisation. *Petit x*, 9,43-72.
Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 12 (1) . La pensée Sauvage, Grenoble. 73-11.
Robert, A, Rogalsky, J. (2002). Le système complexe stable et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences mathématiques et technologiques*, 505-528
Sfard, A. (2007). When the rules of discourse change but nobody tells you : making sense of mathematics learning from a commognitive stand point. *The journal of the learning sciences*,16(4) 567-615.
Sfard, A. (2018). *Thinking as communicating. Human development, the growth of discourse, and mathematizing*. New York, NY cambridge University Press.
Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitive de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65.
Duval ,R. (2002). L'apprentissage de l'algèbre et le problème cognitif de la désignation des objets. Séminaire Franco-Italien de Didactique de l'Algèbre. *SFIDA XIII-Nice,* 67-93.
Schubauer-Leoni, M. L., Leutenegger, F., Ligozat, F., & Flückiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves : les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. In G. Sensevy & A. Mercier (Éd.), *Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves Rennes*. Presses universitaires de Rennes. 51-91.

Résistance des enseignants à l'approche par compétences dans l'enseignement des mathématiques en seconde scientifique au Bénin

Eugène Oké, Boniface Sossa[1]

Résumé

Cette étude vise à comprendre les activités des enseignants de mathématiques de seconde scientifique avec celles de leurs élèves dans le contexte béninois de mise en œuvre de l'Approche par Compétences (APC). Celle-ci est prescrite par l'institution et s'est progressivement installée dans le secondaire entre 2005 et 2012. Nous avons observé quatre enseignants dont deux confirmés (P_1 et P_2) et deux débutants (P_3 et P_4). Les résultats montrent que ces enseignants développent des routines interprofessionnelles de dévolution de tâches et de correction d'exercices. Ils utilisent une stratégie de décomposition des tâches en micro-tâches pour amener pas à pas les élèves vers les résultats attendus. Les analyses nous font dire que le changement de paradigme d'enseignement en mathématiques, déstabilise les enseignants. Ceux-ci semblent résister alors au changement.

Mots clés : Mathématiques, secondaire, pratiques, APC, résistance

Des travaux antérieurs (Oké, 2012) ont permis d'appréhender en partie les mises en œuvre que font des enseignants de physique des programmes d'études par compétences dans les classes de seconde scientifique au Bénin. Il semble quasi-impossible de réussir des changements de programmes d'étude scolaire si l'on ne met pas en place une formation adéquate qui permette aux enseignants de construire des séquences qui correspondent (Oké et Briaud, 2011).

1. Contexte et problématique

Beaucoup d'efforts sont déployés par le gouvernement[2] dans le but d'améliorer les apprentissages dans toutes les disciplines scolaires, cependant les performances des élèves demeurent faibles, notamment en mathématiques. Les résultats aux différentes sessions du baccalauréat illustrent bien ces constats[3]. De nouveaux programmes d'études (NPE) ont été élaborés progressivement de 2005 à 2012[4] et il est prescrit qu'ils soient mis en œuvre l'année suivant leur élaboration, selon une démarche dite « Approche Par Compétences » (APC). Cette

[1] Eugène Oké, Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) & Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi. Boniface Sossa, Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi.
[2] Nous faisons allusions aux nombreuses formations continues financées par le ministère et conduites par le corps de contrôle (inspecteurs et conseillers pédagogiques) de 2005 à 2012.
[3] La moyenne des pourcentages de succès au Baccalauréat cinq années avant et cinq années après 2012 (année de BAC de la première cohorte d'élèves APC) donne : En série C, 49,1% avant 2012 et 51,8% après ; En série D, 38,1% avant 2012 et 24,4% après. Ce constat vient des chiffres disponibles sur le site de l'office du baccalauréat béninois : www.officedubacbenin.bj
[4] Le rythme d'élaboration est l'écriture du programme d'un niveau scolaire par année scolaire au secondaire de 2005 à 2012.

approche vient en remplacement de celle qui prévalait dénommée la « Pédagogie Par Objectifs » (PPO) qui est celle du projet « Harmonisation des Programmes de Mathématiques »[5] (HPM). L'APC a commencé au Bénin en 1995 dans les établissements d'enseignement primaires. Elle a évolué progressivement et atteint l'enseignement secondaire en 2005 dans les classes de sixième. L'année 2012 fut l'année de généralisation dans toutes les classes du secondaire. Dans ce processus de changement de paradigme d'enseignement-apprentissage, des documents d'accompagnement ont été élaborés par les inspecteurs à l'intention des enseignants. Cette élaboration s'est nourrie aussi des acquis de la mise en œuvre des programmes d'études HPM pour ce qui est de l'aspect adéquation avec les nouvelles exigences académico-pédagogiques (DIP, 2009a).

Jusqu'à présent, aucune étude ne s'est intéressée à l'application que font les enseignants de mathématiques des prescriptions institutionnelles au sujet de l'APC en mettant en relief comment ils ont pu s'adapter à cette approche (leurs facilités ou leurs difficultés d'adaptation). C'est notamment pour combler ce vide que cette étude a été entreprise pour explorer comment les enseignants de mathématiques s'adaptent à ce changement d'approche d'enseignement des mathématiques en classe de seconde scientifique. Nous avons observé des enseignants en situation réelle dans des conditions quasi-habituelles de classe de mathématique et collecter d'autres données dans le but d'appréhender leurs pratiques pédagogiques et didactiques. Leurs élèves de classe de seconde et ceux des classes de terminale qui ont fait la classe de seconde scientifique avant de changer de série[6], ont fait l'objet d'enquête avec des questionnaires écrits. Nous avons veillé à ce que les questionnaires soient remplis sans précipitation et en autonomie.

Nous examinons dans cet article les rapports entre les pratiques des enseignants observés dans les conditions qui leurs sont offertes et les apprentissages correspondants des élèves. Pour ce faire, nous présentons d'abord les aspects théoriques pour le recueil de données et leurs analyses, ensuite la méthodologie et enfin les résultats d'analyse.

2. Références théoriques

Cette étude s'intéresse à comprendre les activités des enseignants de classe de seconde scientifique au Bénin en prenant en compte les apprentissages qui sont provoqués chez les élèves. Il s'agit d'appréhender dans un but de compréhension les activités des acteurs des classes de seconde scientifique dans les conditions qui leur sont offertes.

Nous convoquons pour fonder cette étude la double approche didactique et ergonomique (Robert et Rogalski, 2002, 2005 et 2008). En effet cette théorie est issue de la théorie de l'activité et nous nous intéressons aux activités des élèves (en situation de classe ou à la maison) et des enseignants en situation quasi-habituelle de classe. La double approche permet de décrire les pratiques enseignantes[7] suivant cinq composantes à recombiner : choix de contenus d'enseignement et de gestion, décisions pendant les déroulements, inscription dans les contraintes institutionnelles et sociales puis caractéristiques individuelles.
En s'appuyant sur la double approche didactique et ergonomique, Butlen (2004) propose deux points de vue pour analyser les pratiques enseignantes : les grands choix pédagogiques et didactiques d'une part, puis les gestes et routines professionnelles d'autre part. La recherche de

[5] Il s'agit d'un projet réunissant les systèmes éducatifs des pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien
[6] Le changement de série dont nous parlons dans le secondaire au Bénin est un phénomène qui consiste pour les élèves à commencer la classe de seconde C (à dominance mathématiques et sciences physiques), puis à changer de série en classes de première et/ou de terminale pour la série D (à dominance sciences de la vie et de la terre) ou les séries A (littéraire). Ces changements de série sont libres et à la demande des élèves ou des parents.
[7] Ce que l'enseignant pense, dit, fait ou non avant, pendant et après la classe en relation avec l'enseignement

régularités est un moyen de décrire l'opérationnalité des gestes et des routines. Une routine caractérise une manière de fonctionner d'un enseignant. Pour plus d'un enseignant, il s'agit d'une routine interprofessionnelle. Dans ce cas elle peut ne pas être constituée entièrement des mêmes gestes professionnels. Il peut arriver que des routines soient de même formulation et qu'elles soient identiques à des gestes près.

Le déroulement du cours offre l'occasion d'observer la participation effective des élèves à la classe et les rôles que jouent les enseignants dans les apprentissages occasionnés par ces activités. Dans les activités des élèves, nous nous intéressons à l'activité mathématique de ceux-ci. Pour Robert (2006), l'activité mathématique d'un élève en situation est ce que développe cet élève lors de la réalisation d'une tâche (ce qu'il fait pendant qu'il résout un exercice, pendant qu'il écoute le cours ou pendant la correction d'un exercice) en classe ou non. Pour cet auteur, ce sont les actes mathématiques extériorisés dans l'action (dire, écouter, entendre, écrire), mais aussi les hypothèses, les décisions dans ce qu'il fait ou dit. L'activité laisse des traces observables qu'il est possible de saisir avec des observations instrumentées (audio, vidéo) ou non et des recueils d'outils de travail (cahiers, fiches, images de tableau).

Pour accéder aux raisons qui justifieraient les pratiques observées selon les enseignants, nous sommes amenés à conduire des entretiens semi-directifs avec ceux-ci. Les élèves sont sollicités pour répondre à un questionnaire par écrits pour nous permettre d'appréhender leurs opinions sur les cours de mathématiques suivis avant et pendant cette étude. Nous nous référons à Beaud et Weber (2003 et 2010) pour l'analyse des entretiens effectués. Les données collectées à cet effet, ont été recoupées, regroupées en unités de sens[8] en passant en revue toutes les questions posées pour chaque catégorie d'interviewés.

3. Méthodologie

Cette étude vise principalement les pratiques d'enseignants de mathématiques et leurs effets sur les apprentissages potentiels et effectifs de leurs élèves en classe de seconde scientifique. Nous avons choisi deux enseignants confirmés (P_1 et P_2) ayant déjà chacun vingt-cinq années d'expériences et deux débutants sans formation professionnelle initiale (P_3 et P_4). P_1 est un professeur certifié de mathématiques, conseiller pédagogique (CP). P_2 est un professeur certifié de mathématiques. P_3 est titulaire d'une maîtrise en sciences économiques et a deux années d'ancienneté. P_4 est titulaire du diplôme universitaire des études scientifiques, option Mathématiques-Physiques (DUES-MP) et a trois années d'expériences. Ces choix ont été faits en référence à la diversité de parcours de formation des enseignants de mathématiques dans le secondaire au Bénin.

Nous avons eu aussi des entretiens semis-directifs avec les enseignants choisis. Dans ces entretiens, nous nous sommes intéressés essentiellement aux profils professionnels des enseignants, leurs besoins en terme de formation pour l'exercice du métier (difficultés à exercer le métier d'enseignant de mathématique, besoins pour être plus performants, suggestions aux autorités pour l'amélioration de leurs pratiques) et leurs conceptions du métier d'enseignant notamment leurs opinions sur le programme et leur discipline.

L'enquête auprès des élèves de la classe de seconde s'intéresse à la discipline la plus préoccupante lors de leur temps libre, à l'existence dans les établissements de bibliothèques fonctionnelles et leur adaptation en cas de non existence, à la manipulation des instruments de géométrie, les notions qui leur semblent difficiles à apprendre, les moyennes annuelles en

[8] Nous mettons ensemble les questions du guide d'entretien dont les réponses s'apparentent.

mathématiques. L'enquête auprès des élèves de la classe de terminale s'intéresse à leurs raisons de changement de série, aux notions difficiles d'appropriation inscrites au programme d'études de mathématiques en classe de seconde scientifique, la discipline la plus préoccupante lors des moments libres et les raisons des faibles performances des élèves en mathématiques.

Nous avons donc réuni des données issues d'observations des cours, des entretiens avec les enseignants choisis et des enquêtes auprès des élèves[9]. Pendant les observations, nous avons eu des prises de notes, des récoltes de documents de travail distribués aux élèves, des photographies de cahiers, fiches, …)

4. Résultats et analyses

Nous présentons successivement les résultats et analyses des séances de cours observés, des entretiens et enquêtes par questionnaire, puis une description des gestes et routines.

4.1. Résultats et analyse des séances de cours observés

Chaque séance observée a duré entre 1h30min et 3h. Les séances de cours observées chez tous les enseignants de cette étude sont essentiellement des moments de correction d'exercices, des moments de démonstrations de théorèmes ou de propriétés, des moments de réalisations de constructions géométriques. Nous n'avons pas pu observer tous les enseignants sur les mêmes contenus d'enseignement.

- *Les contenus d'enseignements objets des séances observées*

Nous présentons dans les tableaux ci-après les contenus d'enseignement qui ont fait l'objet des six séances de P_1 et des trois séances de P_3 à travers les tâches proposées. Ceux des séances de P_2 et P_4 suivent dans de brèves descriptions.

[9] Ce sont des élèves de la classe de seconde scientifique et élèves de terminale ayant fait la seconde scientifique et ayant changé de série par la suite

Tableau I : quelques contenus abordés lors des séances de cours de P_1

Enseignant	Tâches (Contenus de savoirs abordés)
P1	Déterminer une équation cartésienne d'une droite dont on connaît deux points distincts (séance 1, épisode 3) ; Déterminer une équation cartésienne d'une droite passant par un point et perpendiculaire à une droite dont on connaît une équation cartésienne (séance 1, épisode 4); Caractériser vectoriellement une droite : déterminer les équations vectorielles d'une droite (séance 2, épisodes 1 à 6); Déterminer des représentations paramétriques d'une droite connaissant deux points de celle-ci (séance 2, épisode 7) Utiliser des représentations paramétriques pour déterminer les coordonnées ou l'appartenance de points à celle-ci (séance 2, épisode 8) Déterminer une équation cartésienne d'une droite connaissant ses représentations paramétriques dans le plan affine euclidien rapporté à un repère orthonormé (séance 2, épisode 9) Représenter un cube en perspective cavalière avec un coefficient de réduction c = ½ et un angle d'inclinaison de 45° (séance 3, épisode 2) Justifier le parallélisme entre deux droites (séance 3, épisodes 3 et 4) Justifier que deux plans sont sécants et déterminer leur droite d'intersection (séance 3, épisode 5) Résoudre graphiquement une équation (séance 4) Résoudre graphique une inéquation (séance 5) Résoudre dans $\mathbb{R}$ des inéquations du type $\lvert x-a \rvert \leq b$ (séance 6)

Tableau II : quelques contenus abordés lors des séances de cours de P_3

Enseignant	Tâches (Contenus de savoirs abordés)
P3	Déterminer d'une autre écriture de l'expression $P(x) = x^2 + 2x – 3$ (séance 1, épisode 5) ; Etablir la forme canonique d'un polynôme du second degré (séance 1, épisode 5); Utiliser des identités remarquables pour écrire un polynôme sous la forme d'un produit de facteurs (séance 1, épisodes 7); Résolution de l'équation suivante de degré 3 dans $\mathbb{R}$: $P(x) = x^3 – 8 + (x – 2)(4x + 5) = 0$ (séance 2, épisode 8) Écrire comme produit de facteurs du premier degré le polynôme défini par $P(x) = 2x^3 – 5x^2 + 5x – 6$ (séance 2, épisode 10) Représenter sur une feuille de papier le toit d'une maison de forme parallélépipède rectangle surmonté d'un prisme droit à faces triangulaires (séance 3, épisode 1) Représenter une droite (D), d'un plan (P) dans l'espace ainsi que leur intersection dans chacun des cas suivants : a) (D) est une droite de (P). b) (D) est strictement parallèle à (P). c) (D) traverse le plan (P). (séance 3, épisode 5) Utiliser des symboles logiques pour exprimer le parallélisme de deux plans de l'espace (séance 3, épisodes 8)

Les six séances (trois séances filmées vidéo et trois séances filmées audio) de P_2 portent sur la projection orthogonale, l'homothétie (définition, propriétés et constructions d'images), et les autres transformations planes étudiées au premier cycle du secondaire ($6^{ème}$ en $3^{ème}$), les calculs dans R, les équations et les inéquations dans R.

Les trois séances de cours observés chez P_4 sont seulement filmées audio. Elles portent sur des rappels des savoirs de classes antérieures (construction d'une droite parallèle à une droite passant par un point donné, la transitivité de parallélisme de droites planes, les caractéristiques du parallélogramme, rectangle, trapèze, cercle). Ses séances portent également sur les représentations dans le plan d'objets de l'espace, les positions relatives de droites et plans de l'espace, les positions relatives de plans de l'espace, les positions relatives de droites de l'espace.

Les contenus d'enseignements des séances de classes observées sont donc variés et sont pour la plupart inscrits dans le programme d'étude de la classe de seconde scientifique (DIP, 2009a).

Analyse des déroulements des séances observées

Nous avons découpé et transcris les séances de cours de chaque enseignant en suivant les thématiques (contenus d'enseignement) abordés. Les transcriptions et autres documents récoltés (cahiers d'élèves, fiches d'enseignants photographiés) nous ont permis d'appréhender les choix didactiques et pédagogiques des enseignants à travers les tâches proposées aux élèves et les activités réalisées. Nous décrivons comment les élèves interagissent ou non avec l'enseignant dans les séances de cours ou correction d'exercices en classe.

Les tâches proposées par l'enseignant P_1 correspondent aux énoncés de tâches définis par le programme à l'exception de la caractérisation vectorielle d'une droite. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le programme et le document guide mis à la disposition des enseignants ne présentent pas les mêmes contenus de la même façon. En effet, le programme (DIP, 2009a) prescrit de déterminer les équations cartésiennes d'une droite sans faire de restriction sur la méthode de détermination, alors que le document guide de référence indique : faire calculer le déterminant d'un couple de vecteurs relativement à une base ; utiliser le déterminant pour la colinéarité ou non de deux vecteurs, d'établir le parallélisme de deux droites, puis de trouver une équation cartésienne de la droite (DIP, 2009b). Les tâches de P_1 relèvent d'application stricte de définitions et de propriétés, puis de réinvestissement de propriétés des vecteurs ou de connaissances sur les équations ou représentations. Il procède à une décomposition de la tâche en micro-tâches pour amener les élèves à se rapprocher de plus en plus des résultats attendus. Nous constatons que l'enseignant avait défini au préalable un parcours pour l'accomplissement des tâches suivant une gradation qu'il impose aux élèves de suivre. Dans la gestion des douze élèves de sa classe, l'enseignant P_1 privilégie une gestion collective des apprentissages, plutôt qu'une gestion individualisée. Il semble faire le pari qu'un exposé collectif d'une bonne solution par un élève volontaire ou par lui-même suffit à assurer la compréhension de tous sauf si des élèves protestent en demandant des explications supplémentaires. Ce fut le cas par exemple dans la détermination d'une équation cartésienne d'une droite du plan dont on connaît une représentation paramétrique. Sa gestion des apprentissages s'appuie sur les bons élèves ou ceux qui sont capables d'exposer les bonnes résolutions au tableau. Dans les déroulements de séance chez P_1, il n'y a pratiquement pas de correction d'erreur (sauf le langage). Cela nous fait penser que P_1 préfère ne pas s'intéresser aux échecs d'élèves qui seraient en difficultés ou ne pas prendre d'information sur les travaux effectués préalablement par ses élèves. La validation des propositions de corrections semble implicite. En effet, cela semble le cas lorsque P_1 ne donne aucune appréciation, soit lorsqu'il passe à la question suivante sans qu'il y ait une réelle participation des élèves à cette validation. Nous avons constaté qu'il y a des élèves qui ne participent pas du tout aux activités (qui ne disent rien).

Les tâches proposées par l'enseignant P_2 semblent induire des activités de découverte. Par exemple la tâche « *Détermine une relation entre les vecteurs* $\overrightarrow{AB''}$ *et* $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{AD''}$ *et* $\overrightarrow{AD}$ *puis* $\overrightarrow{AC''}$ *et* $\overrightarrow{AC}$) » a pour but de traduire vectoriellement une situation d'homothétie vue d'abord comme une situation de proportionnalité (agrandissement ou réduction). C'est le terme « transformation » qui est utilisé et non « homothétie ». Cela permettrait aux élèves de traduire une relation sur les proportionnalités portant sur des mesures de segments en relations vectorielles (Sossa, 2018). Il en est de même des tâches qui suivent. Ces tâches sont très contextualisées et caractérisent pour nous des situations de découverte qui doivent amener les élèves à produire ou à déboucher sur une modélisation mathématique d'un degré plus élevé que celui des classes antérieures. Mais ce degré de modélisation dépend de la gestion des apprentissages par l'enseignant. Dans le déroulement des séances de P_2, nous avons constaté des situations où la réponse est donnée soit par un enseignant, soit par un élève sans justification ou explication. C'est par exemple le cas où une élève propose le résultat sans aucune justification comme suit « $\overrightarrow{\mathrm{AB}}'' = \frac{2}{3}\overrightarrow{\mathrm{AB}}$; $\overrightarrow{\mathrm{AD}}'' = \frac{2}{3}\overrightarrow{\mathrm{AD}}$; $\overrightarrow{\mathrm{AC}}'' = \frac{2}{3}\overrightarrow{\mathrm{AC}}$ ». L'enseignant se contente de ce constat. La justification n'est pas évidente à formuler tant les égalités paraissent aller de soi. D'après l'énoncé, « *Tous les rectangles de ce plan sont obtenus à partir d'un rectangle donné ABCD qui a subi des transformations. Les dimensions du rectangle AB''C''D'' font les deux tiers de celles du* rectangle initial ». De ce fait AB''= $\frac{2}{3}$ AB ; AD'' = $\frac{2}{3}$ AD et AC''= $\frac{2}{3}$ AC, donc les modules des vecteurs sont dans les mêmes rapports. Comme la configuration des points de la figure montrent que ces vecteurs sont

colinéaires et de même sens, on peut conclure que les égalités vectorielles sont vérifiées. C'est également le cas lorsque, P_2 refuse certaines constructions sans argumenter et exige une construction à la règle et l'équerre et utilisant « *la construction de la quatrième proportionnelle* » ; Les explications et demandes de justifications ne portant que sur la construction de droites parallèles à ce stade. Trois élèves Carlo, Richard et Jacqueline se relaient pour effectuer cette construction silencieusement. De même lors de la construction effective des rectangles, il déclare (tour de parole 30) suite à une intervention (erronée de l'élève Venceslas), qu'il fallait justifier les égalités vectorielles ci-dessus mais ne les as pas énoncées : « *On devait apporter ces justifications avant d'écrire* $\overrightarrow{AB''} = \frac{2}{3}\overrightarrow{AB}$; $\overrightarrow{AD''} = \frac{2}{3}\overrightarrow{AD}$ et $\overrightarrow{AC''} = \frac{2}{3}\overrightarrow{AC}$ ». Il y a eu d'autres situations où l'enseignant semble sous-estimer les difficultés des élèves. C'est par exemple le cas lorsque P_2 montre de l'impatience devant l'absence de réponses des élèves quand il s'est agi de démontrer qu'une projection n'est pas une transformation (tour de parole 81).
P_2 : « On vient de chercher les images des points A, B, C, G et E par la projection orthogonale sur une droite (D). On a trouvé leurs images et on demande de dire si la projection orthogonale est une transformation du plan. La réponse devait être instantanée ». P_2 ordonne souvent à ses élèves de mener des investigations personnelles in situ, mais leurs résultats ne semblent pas l'intéresser ou il les ignore. Il se soucie d'enrôler les élèves qui semblent accepter la dévolution. P_2 privilégie le travail collectif.

Les séances de P_3 portent uniquement sur les fonctions polynômes (deux séances filmées vidéo) d'une part, puis sur les représentations dans le plan d'objets de l'espace, les positions relatives de droites de l'espace, les positions relatives de plans de l'espace et les positions relatives de droites et plans de l'espace (une séance filmée audio). Tous ces contenus sont prescrits au programme. Cet enseignant a utilisé seulement la méthode des coefficients indéterminés pour résoudre une équation du troisième degré dans l'ensemble $\mathbb{R}$ des nombres réels. Il a tout simplement informé les élèves de l'existence d'une autre méthode dite de « division euclidienne » qui donne le même résultat. Il n'a pas explicité chaque méthode, ne les a pas mises en relation, ne les a pas comparées en termes d'efficacité et de simplicité de calculs. Il n'a pas essayé de délimiter les cas où il serait avantageux d'appliquer telle méthode plutôt que telle autre et en expliciter les raisons. Il se contente de traiter la méthode des coefficients indéterminés et d'énoncer qu'il traiterait la seconde méthode de manière indépendante. Cette absence d'explicitation des liens entre méthodes, peut priver certains élèves, notamment les plus faibles, de repères. On pourrait l'attribuer à une difficulté d'une part à identifier les difficultés potentielles des élèves mais aussi à percevoir les enjeux mathématiques et didactiques de ces liens. Cet enseignant semble ne pas s'intéresser à la gestion individualisée des trente-six (36) élèves de sa classe et à leurs apprentissages. Seulement quatre (4) élèves sont intervenus pendant toute la durée des films vidéo.

Les séances de P_4 portent sur les configurations planes et introduisent les configurations de l'espace. Les connaissances mathématiques abordées sont inscrites au programme. Nous avons constaté qu'il propose des tâches de rappels de connaissances antérieures, des tâches de découverte et d'approfondissement et des tâches de réinvestissement, Il décompose en micro-tâches.

Pour les quatre enseignants observés, il nous semble que les cours sont dialogués et qu'il y a trois types de tâches : des tâches d'application stricte des contenus et méthodes étudiées antérieurement, des tâches de réinvestissement et des tâches de découverte et d'approfondissement. Toutes ces tâches sont très souvent déclinées en micros-tâches qui permettent à l'élève de se rapprocher par « petits pas successifs » et de plus en plus de la solution attendue. Malgré cela, les enseignants observés ne laissent pas suffisamment de temps aux élèves pour réfléchir et pour trouver par eux-mêmes les solutions ou tout au moins des débuts de solution. Ces enseignants vérifient peu le travail effectué à la maison par les élèves. En effet, lors des corrections collectives nous n'avons noté aucune prise en compte des résultats de leurs propres recherches hors classe ou non. Les erreurs sont vite corrigées et les élèves n'ont pas le temps d'en prendre conscience afin de ne plus les reproduire. Les séances observées comportent également sur des moments d'institutionnalisation qui sont souvent en contexte et où les élèves n'ont rien à produire, mais à comprendre ce qui se fait pour pouvoir l'appliquer à des situations. Nous avons constaté en fonction des interactions observées que, le responsable des validations est l'enseignant et parfois cette responsabilité est partagée avec un élève ou un groupe d'élèves. Les enseignants observés semblent ne pas accepter que des élèves ne comprennent pas ce qui pour eux leur est clair. Nous avons constaté que leurs élèves donnent souvent des réponses collectives. Nous n'avons pas repéré des moments de synthèse en fin de séance. Nous nous interrogeons de savoir s'il y a eu des acquis mathématiques chez tous les élèves des classes observés et si oui, de quelle nature (assertorique ou apodictique).

Toutes ces observations présentées et analysées ci-dessus nous ont permis de décrire les routines d'intervention des enseignants observés.

4.2. Les routines des pratiques enseignantes dans les cours observés

Les tâches que les enseignants observés proposent aux élèves sont des exercices introduisant soit une nouvelle notion soit une définition, des exercices d'application et / ou de réinvestissement avec la gradation choisie par l'enseignant ou des exercices de découverte et / ou d'approfondissement. Ces enseignants semblent faire le pari qu'en conduisant, pas à pas, l'élève vers la réponse attendue, il sera en mesure de reprendre la même tâche ou de résoudre des tâches similaires. Mais, nous pensons que même si, dans ces conditions, un élève parvient au résultat attendu, il n'est pas sûr qu'il sera en mesure de reprendre cette même tâche en autonomie totale et parvenir au résultat attendu ou s'il pourra résoudre correctement une tâche similaire. Nous avons mis en évidence une routine professionnelle de dévolution des tâches et une autre de correction d'exercices. Pour les quatre enseignants observés, la routine de corrections d'exercices diffère notamment sur la manière de corriger les erreurs des élèves et la sollicitation de l'approbation des élèves. La routine de dévolution des tâches diffère notamment d'un enseignant à l'autre sur le temps accordé aux recherches individuelles et en groupes. Ce temps est nettement plus important pour P_3 et P_4 et dans une moindre mesure pour P_2 que pour P_1. Mais sur d'autres gestes comme par exemple un manque d'exigence et un contrôle superficiel du travail effectué à la maison les quatre enseignants se rejoignent. En effet, les résultats des travaux de maison des élèves sont souvent cachés par de nouvelles recherches individuelles ou en groupe, demandées par les enseignants en classe. Il en est de même pour le geste de vérification de la compréhension de tous les élèves.

Nous avons aussi identifié une routine d'institutionnalisation. Pour nous, celle-ci n'est identifié comme routine interpersonnelle à cause de ce que les gestes la constituant varient suffisamment d'un enseignant à un autre.

Dans ces mises en œuvre de l'APC par les enseignants observés, très peu ou peu d'élèves sont sollicités lors des séances que nous avons observées. Lorsqu'une tâche est donnée, ce sont souvent des élèves qui semblent réussir, qui vont exposer au tableau leurs propositions de solution. Dans le cas contraire, l'enseignant travaille au tableau et la plupart des élèves suivent en repérant ce qui est conforme à ce qu'ils ont déjà fait ou ce que l'enseignant dit. Cela ne permettrait pas à l'enseignant d'appréhender si les nouveaux savoirs sont acquis par les élèves. C'est pourquoi, nous pensons que ces routines de dévolution de tâche et de corrections d’exercice, telles qu’elles nous apparaîssent, nous semblent peu efficaces pour permettre aux élèves d’acquérir des savoirs, savoirs faire et savoirs être dans les activités scientifiques relevant des mathématiques.

Nous choisissons de présenter ci-après la routine de dévolutions de tâches et celle de corrections d’exercices que nous avons repérées chez P_1 (expérimenté) et P_3 (débutant).

- *Les routines de dévolution de tâches et de correction d’exercice chez P_1*

Tableau III : routines chez P_1

Routine de dévolution de tâches	**Routine de correction d’exercices**
Prescription ou rappel de la prescription de la tâche qui reste au tableau toute la durée de la résolution et de la correction de l’exercice	Proposition des exercices à corriger comme devoir de maison à chercher en interclasse ou en classe
Temps de recherche libre quand l’exercice est proposé à la maison ou octroi de 10 minutes quand il est proposé en classe.	Vérification individuelle de manière souvent superficielle par l’enseignant qui circule dans la classe des productions des élèves et aussi des notes qu’ils prennent.
Vérification souvent superficielle des productions de l’ensemble des élèves.	Envoi des élèves au tableau pour la correction et sollicitation de l’approbation collective de la classe ou approbation tacite.
Interrogation essentiellement des bons élèves.	Prise d’informations par l’enseignant qui laisse l’élève aller jusqu’au bout et qui sollicite la classe pour la correction ou qui demande à un autre élève de corriger ou il corrige de façon systématique les maladresses de formulation.
Sollicitation systématique mais formelle de la classe sur la validation des corrections proposées et de leur appropriation laissée apparemment à la responsabilité des élèves.	Sollicitation de l’approbation de la classe par l’enseignant sans s’assurer peut-être de la compréhension de chaque élève
Aucune exploitation explicite des résultats de recherche.	Aucune exploitation explicite des résultats de recherche.
	Prise de notes de la correction si cela est explicitement formulé ou explicitement formulé ou non explicitement formulé par l’enseignant sans qu’il vérifie la validité de ces écrits.

- *Les routines de dévolution de tâches et de correction d’exercice chez P_3*

Tableau IV : routines chez P_3

Routine de dévolution de tâches	Routine de correction d'exercices
Proposition des exercices à corriger comme devoir de maison à chercher en interclasse, soit donnés en classe	Prescription ou rappel de la prescription de la tâche qui reste au tableau toute la durée de la résolution et de la correction de l'exercice
Temps de recherche libre quand l'exercice est proposé à la maison ou octroi de 10 minutes quand il est proposé en classe.	Vérification individuelle, par l'enseignant de manière superficielle en circulant dans la classe, des productions des élèves et aussi des notes qu'ils prennent
Vérification superficielle des productions des élèves.	Envoi des élèves au tableau pour la correction et sollicitation pour une approbation collective de la classe ou tacite
Aucune exploitation explicite des résultats de recherche.	Aucune exploitation explicite des résultats de recherche.
	Sollicitation de l'approbation de la classe sans s'assurer peut-être de la compréhension de chaque élève
	Prises de notes de la correction que cela soit explicitement formulé vérification de la validité de ces écrits.

Les routines ci-dessus décrites ne diffèrent pas beaucoup chez P_2 et P_4. En examinant les gestes constituants ces routines, nous pouvons bien dire qu'il s'agit de routine interprofessionnelle de dévolution de tâche et de routine interprofessionnelle de correction d'exercice.

En l'absence de recherches antérieures sur les pratiques des enseignants de mathématiques au Bénin avant la mise en œuvre de l'APC, nous ne pouvons pas dire si ces routines caractérisent les pratiques enseignantes avant l'APC. Cependant, Nous pouvons émettre l'hypothèse que compte tenu des nombreuses années d'expérience dans l'exercice du métier, P_1 et P_2 auraient des pratiques déjà stables qui pourraient être peu différentes de celles observées.

4.3. Résultats et analyse sommaires des entretiens et enquêtes

Nous avons recueilli des données d'entretiens et des données d'une enquête auprès des élèves. Les entretiens avec les enseignants observés avaient pour but d'accéder à leurs opinions sur l'exercice du métier. Nous avons voulu les entendre exprimer leurs besoins en termes de formation pour plus d'efficacité, leurs opinions sur le programme et l'approche préconisée, leurs opinions sur leurs élèves.
L'enseignant P_1 n'a pas exprimé de besoin particulier en termes de formation. P_2, P_3 et P_4 ont déclaré avoir besoin d'une formation pour introduire une séance de cours et aussi une notion selon l'APC. Les quatre enseignants de notre étude ont déclaré que les programmes d'études sont trop denses et que les masses horaires sont insuffisantes. Cela a fait qu'ils n'ont pas pu traiter l'ensemble du programme prévu au titre des deux années scolaires successives précédant cette étude. Ils ont des difficultés à concevoir une épreuve d'évaluation et à en établir la grille de correction. Pour ces enseignants, des difficultés langagières (non maîtrise du français, langue d'enseignement), semblent être une source principale de difficultés pour les élèves en mathématiques. P_1 (conseiller pédagogique) a reconnu que lors de l'implémentation de l'APC entre 2005 et 2012, les enseignants n'ont jamais été formés à impliquer les élèves et à les responsabiliser sur leurs apprentissages et aussi à l'utilisation des instruments de géométrie avec les élèves. Les quatre enseignants accordent un rôle (apports et conseils) très important au CP et à l'inspecteur. Pour nous, c'est un cri de détresse car, cela traduit de fortes attentes de ces enseignants à être accompagné dans le processus de changement de paradigme voulu par

l'institution pour le métier. Selon les entretiens avec ces enseignants, ils jugent les apports effectifs du corps de contrôle (inspecteurs et conseillers pédagogiques) de manière plus contrastée et insuffisante pour P_2, P_3 et P_4. Pour préparer leurs cours, les quatre enseignants nous disent rédiger des fiches de préparation en se conformant au guide pédagogique. P_4 affirme privilégier les connaissances mathématiques lors de la préparation de ses cours. Il pense que s'il est au clair avec les connaissances mathématiques à enseigner, cela suffit pour gérer les apprentissages en classe. Pour eux les fiches sont nécessaires et justifiées par un souci d'efficacité.

L'enquête par questionnaire auprès des élèves de seconde a montré qu'ils sont nombreux à s'intéresser plus aux mathématiques qu'à d'autres disciplines lors des moments libres. Aucun d'eux n'a trouvé qu'une notion déjà enseignée est très difficile d'appropriation. La quasi-totalité des élèves enquêtés accusent les enseignants d'être responsables de leurs faibles performances pendant les évaluations pour différentes raisons : épreuves très difficiles, trop de rigueur lors de la correction des productions.

L'enquête par questionnaire auprès des élèves de terminale a montré qu'ils sont nombreux à changer de série à cause d'un redoublement de classe (2^{nde} ou $1^{ère}$) ou à cause de l'échec au baccalauréat (classe Terminale).

L'objectif premier de ce travail était de nous rendre compte de comment les enseignants s'adaptent au changement de paradigme prescrit par l'institution dans l'enseignement des mathématiques en classe de seconde scientifique. Que retenir ?

Conclusion et perspectives

P_1 propose des tâches diverses dont la résolution est graduée et planifiée. Ces tâches sont parfois proposées comme devoirs à la maison et vont de tâches relativement isolées et peu consistante à des tâches caractérisées par des extensions de nouvelles connaissances et qui se terminent par la découverte d'une méthode. Il est souvent agacé par les erreurs des élèves qui sont au tableau.

P_2 procède à des révisions systématiques au début de chaque cours sous la forme de restitutions. Pendant ces restitutions, des élèves volontaires ou désignés proposent leurs réponses aux questions posées par l'enseignant. Celui-ci copie systématiquement tout le cours au tableau et sollicite beaucoup la plupart de ses élèves dans un cours dialogué.

P_3 n'essaie pas de mener les investigations pour comprendre les origines des erreurs et les logiques dans les démarches des élèves en vue de déconstruire. Cet enseignant développe une stratégie analogue à celle de P_2, mais accorde moins de temps aux élèves pour des recherches individuelles et / ou en groupe in situ. Lorsque les élèves déclarent n'avoir pas compris quelque chose, l'enseignant répond « vous comprendrez » ou « on va voir cela la prochaine fois » ou il relit tout simplement sa fiche pédagogique.

P_4 retient les élèves au-delà des horaires de l'emploi de temps. Il semble que le temps ne lui suffit toujours pas. Il propose directement les définitions et les propriétés. Les résultats des travaux des élèves en individuel ou en groupe ne semblent pas l'intéresser. C'était le cas chez les autres également.

Pour l'ensemble des enseignants observés, deux routines interprofessionnelles ont été identifiées : une routine de dévolution des tâches et une routine de correction d'exercices. Il nous semble que l'abandon d'une approche d'enseignement au profit d'une autre présente des difficultés indiquant une déstabilisation. Malgré tous les efforts consentis par les autorités institutionnelles, les enseignants de mathématiques que nous avons observés ne semblent pas s'adapter. Nous l'interprétons comme une tendance à la résistance au « nouveau ». Ici, le nouveau, c'est l'enseignement suivant l'APC, un nouveau paradigme.

A partir de l'analyse des activités mathématiques des élèves en classe, nous avons constaté que tous les élèves au sein d'une même classe, ne développent pas les mêmes activités en même temps bien qu'ils soient confrontés à la même tâche. C'est ce qui amène Robert (2006) à distinguer les activités à maxima de certains élèves et les activités à minima des autres. Nous avons également constaté qu'il existe d'autres élèves dont le peu d'activités ou l'absence de celles-ci ne nous permet pas tirer des informations sur eux. Pour nous, ces élèves qui montrent très peu de trace d'activité ou qui ne montrent aucune trace d'activité n'appartiennent pas aux deux catégories définies par Robert (2008). Nous postulons donc l'existence d'une catégorie " sans activité " pour ces élèves qui sont peut-être en attente d'un modèle d'action à imiter.

Ces premiers résultats de notre étude portent sur quatre enseignants seulement avec des contenus d'enseignement différents. Nous pensons que les résultats présentés ici ne peuvent pas être généralisé à une population plus large d'enseignants béninois. Il serait intéressant, dans une perspective d'évaluation de la mise en œuvre de l'APC en mathématique au Bénin, d'étendre cette étude à l'ensemble du pays afin d'appréhender davantage la diversité de mise en œuvre des prescriptions institutionnelles de l'enseignement des mathématiques selon l'APC ou bien de privilégier des observations des séances de cours sur les mêmes contenus d'enseignement.

Profonde gratitude à Denis Butlen (Laboratoire de didactique André Revuz (LDAR), Université Cergy-Pontoise) pour son appui à la conduite de cette étude.

Bibliographie

Beaud, S. et Weber, F., (2010), *Guide de l'enquête du terrain*, Paris, La découverte.

Butlen, D. (2004), Deux points de vue pour analyser les pratiques observés. Dans M-L. Peltier-Barbier (dir.), *Dur, dur, dur d'enseigner en ZEP, analyse des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques en réseaux d'éducation prioritaire* (p.33-42). Grenoble, France : La Pensée Sauvage.

Butlen, D., Charles-Pezard, M. et Masselot P. (2008) Gestes et routines professionnels : un enjeu pour analyser et intervenir sur les pratiques enseignantes, *EMF Sherbrooke*

Direction de l'Inspection Pédagogique. (2009a). *Programme d'étude de la classe de seconde C en mathématique*, Porto-Novo, Bénin.

Direction de l'Inspection Pédagogique. (2009b), Guide pédagogique de l'enseignant en classe de seconde C en mathématique, Porto-Novo, Bénin.

Oké, E. (2012). *Étude des activités d'enseignants et d'élèves en classe de physique par l'analyse des interactions verbales : Étude de cas en 3ème et 2nde* (Thèse de doctorat, inédit). Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Université d'Abomey-Calavi.

Oké, E. et Briaud, P. (2011). Socio-construction de proposition(s) d'explication(s) sur la production d'électricité en classe : pratiques ordinaires au Bénin, *Revue Africaine de Didactique des Sciences et Mathématiques (RADISMA)*, n°7, 14p.

Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. Dans F. Vandebrouck (dir.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (p.59-65). Toulouse, France : Octarès.

Robert, A. (2006). Une méthodologie pour décrire des déroulements de séances de classe à partir de vidéo dans des recherches sur les pratiques d'enseignants de mathématiques au collège et au lycée. Dans M.-J. Perrin-Glorian et Y. Reuter (dir.), *Les méthodes de recherche en didactique* (p.191-202). Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion.

Robert, A. et Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche*, Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies,* 2(4), 505-528.

Robert, A., et Rogalski, J. (2005). A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th-grade class, *Educationnal studies in mathematics*, 59, 269-298.

Robert, A. et Vivier, L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs – quelle transposition ? *Éducation et didactique,* 7(2), 115-144

Sossa, B. (2018). Des pratiques d'enseignement des mathématiques au Bénin : contraintes et marges de manœuvre dans des études de cas en seconde scientifique. (Thèse de doctorat, inédit). Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Université d'Abomey-Calavi.

Vandebrouk, F. (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse, France : Octarès.

Impact des difficultés langagières sur l'apprentissage des nombres complexes

Mohamed Chergui, Larbi Zraoula, Hichame Amal[1]

Résumé

Cette étude exploratoire vise à illuminer un aspect très important dans toute activité d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. Il s'agit de l'activité langagière qui ne peut être dissociée du processus d'acquisition de tout savoir disciplinaire. Dans ce contexte, nous avons choisi la notion de nombres complexes, programmée en classes terminales, d'une part pour recueillir les différentes difficultés rencontrées par les apprenants et qui relèvent de l'activité langagière et d'autre part pour déterminer l'impact de ces difficultés sur le développement des capacités visées par le chapitre des nombres complexes en deuxième année du secondaire qualifiant.

Mots clés : apprentissage, langage mathématiques, registres de représentation sémiotiques, erreurs, nombres complexes.

1. Introduction

Multiples sont les études qui sonnent l'alarme sur la performance en activités langagières des élèves marocains. Les résultats de l'enquête internationale PIRLS (Progress In Reading and Literacy Study) dans son édition de 2016, ont dévoilé un score de 358 points chez les 11000 élèves testés en lecture et en compréhension. Ce résultat, loin de la moyenne qui vaut 500 points, bien qu'il atteste d'une légère amélioration par rapport au score de 310 obtenu en l'année 2011, reste complètement insatisfaisant. En effet, le score des élèves marocains n'a évolué depuis 2001, date de la première participation du Maroc marqué par le score de 350, que de 8 points pendant toute cette période qui s'étale sur 15 années. Cette défaillance a été également déduite lors de l'évaluation nationale menée en 2016 par l'instance nationale de l'évaluation du système d'éducation de la formation et de la recherche scientifique auprès du Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS) dans le cadre du programme national de l'évaluation des acquis (PNEA). L'étude menée au sein des élèves du tronc commun, première année du cycle secondaire qualifiant, a mis l'accent sur les faibles résultats en matière d'acquisition surtout dans les langues et les mathématiques (CSEFRS, 2016).
Vis-à-vis de cette situation, une problématique intéressante se soulève : L'enseignement et l'apprentissage des mathématiques sont-ils affectés par le niveau d'acquisition des compétences langagières chez les apprenants ? Si la réponse est affirmative, une question immédiate s'impose : quelles sont les difficultés langagières spécifiques à l'apprentissage des mathématiques ?
Les difficultés dans l'apprentissage des mathématiques sont d'origines multiples. Dans le cadre

[1] LaREAMA Lab - CRMEF Kénitra

de la théorie cognitiviste de R .Duval (1993), on trouve en particulier celles émanant de la performance langagière. En effet, à la diversité de types de langages s'ajoute l'utilisation de plusieurs registres de représentation sémiotique pour communiquer tout savoir mathématique à l'oral ou à l'écrit. Cette multitude, bien qu'elle semble dispenser une aisance à l'acquisition des savoirs mathématiques, présente aussi ses propres difficultés aux apprenants. Ces difficultés portent sur les aspects sémantiques et syntaxiques pour les trois types de langages utilisés : courant, symbolique et graphique. La conversion d'un langage à un autre ou d'un registre à un autre pose aussi des difficultés considérables.

Un aperçu sur le contenu programmé dans le chapitre des nombres complexes (MEN, 2007) montre que les activités calculatoire et de réinvestissement occupent une place assez vaste. Pour le premier type d'activités et vu que les propriétés algébriques dans l'ensemble des nombres complexes représentent une extension de celles des réels, la production d'erreurs qui portent sur le calcul est peu probable, et par suite elle ne fera l'objet du présent travail. En revanche, les difficultés dignes d'étude sont celles qui apparaissent dans des tâches de réinvestissement. Pour mettre en clair ce point de vue, faisons une revue brève sur les situations d'exploitation des nombres complexes. Pour le cadre géométrique, il s'agit de déterminer la position relative de deux droites dans le plan, établir que des points sont alignés ou cocycliques, décrire certains polygones et représenter les transformations dans le plan par des écritures complexes. Le cas fonctionnel est lié à l'étude des fonctions circulaires et au calcul intégral.

À notre sens et à titre de conjecture, cette exploitation qui met en jeu plusieurs domaines mathématiques et diverses techniques, ne peut être réussie qu'avec une maitrise du langage spécifique de chaque domaine. Pour confirmer cette conjecture ou l'infirmer on va mener des investigations théoriques et pratiques.

Dans la présente contribution, nous étudions de manière explicite le sujet de difficultés langagières dans le cas de l'apprentissage des nombres complexes chez les élèves de la 2ème année du baccalauréat, série sciences expérimentales. En premier, on va présenter quelques approches didactiques qui serviront d'outils pour les analyses a priori et à posteriori. Concrètement, il s'agit d'une partie bibliographique où on fera un aperçu sur les notions d'erreurs et de représentation en mathématiques d'un point de vue didactique. Après, elle sera l'occasion de présenter notre protocole expérimental, en commençant par une analyse didactique du contenu du chapitre sur les nombres complexes, puis la présentation d'une grille de classification des erreurs langagières produites par les élèves. Les résultats d'un test administré au sein d'un groupe d'élèves de la 2ème année sciences expérimentales, accompagnés de certaines interprétations et conclusions feront l'objet de la dernière partie de cet article.

2. Cadrage théorique

2.1 Place du langage dans le curriculum scolaire

La charte nationale de l'éducation et de formation (Commission Spéciale, 2000) stipule dans sa première partie réservée aux principes fondamentaux du système éducatif que « Le système d'éducation assure à tous la maîtrise orale et écrite de la langue arabe, langue officielle du pays et, complémentairement, s'ouvre à l'utilisation des langues étrangères les plus largement utilisées dans le monde ». Dans le même sens, on trouve dans la deuxième partie consacrée aux espaces de rénovation qu'un levier de changement est entièrement dédié à ce sujet. En fait, le levier 9 cible le perfectionnement de l'enseignement et l'utilisation de la langue arabe et la maîtrise des langues étrangères. C'est un objectif fortement présent dans les différents cycles de l'enseignement. En effet, l'enseignement préscolaire et primaire vise, entre autres, la réalisation de l'objectif général suivant (Commission Spéciale, 2000): *« la communication fonctionnelle dans une première langue, puis une deuxième langue étrangère objet du levier 9 de la présente charte;…».*

A l'école primaire, le développement des habiletés de compréhension et d'expression en différentes langues est déclaré explicitement dans les articles 65 et 66 de la charte nationale. En secondaire, cette formation en langue continue d'occuper une place importante dans le curriculum et fait l'objet d'une évaluation en fin de cursus scolaire pour l'obtention du baccalauréat telle qu'elle est décrétée dans l'article 96 de la charte.
La vision stratégique (CSEFRS, 2015) de la réforme 2015-2030, reconduit cet objectif principal relatif à la maitrise des langues enseignées et la diversification des langues d'enseignement (levier 13).
Dans les différents cycles d'éducation-formation restructurés suite aux dispositions prescrites dans l'article 60 de la charte, l'enseignement des mathématiques ne fait pas l'exclusion quant à la contribution au développement de la compétence linguistique chez les apprenants. En effet, d'après les orientations pédagogiques officielles (MEN, 2007) l'un des objectifs généraux visés en secondaire qualifiant est le développement de la compétence de l'élève à communiquer mathématiquement en réalisant les capacités suivantes :

- Modéliser des situations, présenter des démonstrations, expliquer une méthode de résolution à l'oral et à l'écrit en utilisant les figures, les graphes ou les méthodes algébriques.
- Elaborer et expliquer ses représentations en mathématiques et les investir.
- Percevoir correctement les idées mathématiques.
- Utiliser ses habiletés à l'écoute, à la rédaction et à l'examen pour interpréter et évaluer des idées mathématiques.
- Discuter les idées mathématiques.
- Etre conscient de la valeur du symbolisme en mathématiques.

Il importe de noter que les curricula scolaires visent un développement progressif de ces capacités à travers les quatre cycles d'enseignement, le préscolaire, le primaire, le secondaire collégial et enfin le secondaire qualifiant. Ce dernier est constitué à son tour d'un tronc commun d'une année et de deux autres qui forment le cycle du baccalauréat.

2.2 Place didactique du langage dans l'apprentissage des mathématiques

Toutes les activités mathématiques requièrent une mise en œuvre du langage. A cet égard, on peut se référer aux deux typologies d'activités mathématiques suivantes :

- Typologie d'activités mathématiques de R. Gras

En réponse à la question, quel type d'activité mathématique un problème ou un exercice est-il susceptible de déclencher, R. Gras basé sur des travaux en la matière (A. Bodin, 2000) propose la typologie suivante :

Tableau 1 : Types d'activités mathématiques de R. Gras

1. Calculatoire	2. Classificatoire	3. Créatif	4. Critique	5. Heuristique
6. Logique	7. Prédictif	8. Réinvestissement	9. Technique	10. Traductif

- Typologie d'activités mathématiques selon le programme PISA

Le classement selon PISA (OCDE, 2000) (Program International for Student Assessment) met l'accent sur l'aptitude des élèves à analyser, à raisonner et à communiquer efficacement des idées lorsqu'ils posent, formulent ou résolvent des problèmes mathématiques. Cette typologie développée par PISA sous le nom de processus comporte les catégories suivantes :

- La pensée mathématique,
- Le raisonnement mathématique,
- La modélisation mathématique,

- Poser et résoudre des problèmes,
- La représentation,
- Le langage symbolique et formel,
- La communication,
- Les outils et les instruments.

En se contentant de ces deux typologies d'activités, il s'avère que l'apprentissage des mathématiques ne peut être décorrélé des différentes activités langagières. Ces activités se manifestent amplement dans les pratiques de classes dans les différentes phases décrites par la théorie des situations didactiques de G. Brousseau (1998) qui s'appuie sur les fondements du socioconstructivisme. A ce propos, il est largement suffisant de citer les deux phases, pour ne citer d'autres, de formulation dont le but est l'échange des informations et la phase de validation dévouée à la recherche d'une vérité commune ou collective. Dans les deux tâches, le langage est un facteur décisif pour aboutir à une reconnaissance sociale dans la classe ou pour élaborer un raisonnement pour les savoirs transmis aux apprenants.

Dans le même contexte socio-constructiviste, G.Vergnaud (1990) précise que la définition d'un concept nécessite un ensemble de formes langagières et non langagières qui permettent de le représenter symboliquement, ainsi que ses propriétés et les situations et les procédures de traitement.

Cette importance, mise en évidence, du langage dans l'activité mathématique, exige de faire quelques précisions sur cette notion qui prend les trois différentes formes suivantes :

- La langue courante, utilisée en classe, aussi bien par l'enseignant que par les élèves dans toutes les échanges, pour donner des explications, adresser des consignes, poser des questions ou pour répondre aux interrogations. L'usage de la langue courante, en mathématiques comme dans toute autre discipline, est soumis aux différentes règles établies pour cette langue.
- Le langage symbolique, utilisé lorsqu'il est question de rédiger des textes mathématiques. En effet, toute formulation en écrit fait appel à plusieurs types de symboles qui ont des sens précis et sont soumis à des règles bien définies. A titre d'exemples on peut citer des symboles qui désignent des opérations ($\times$, $\div$, $+$, $-$, $\cap$, $\cup$ ...), des relations ($\leq$, $\geq$, $=$, $\neq$, $\equiv$, $\in$, ...) ou des concepts $\left(\sqrt{}\right.$, ∞, $\forall$, $\exists$, $\emptyset$ ... $\left.\right)$.
- Le langage graphique, utilisé pour l'illustration qui occupe une place importante dans la communication en mathématiques. Elle a pour objectif de rendre les objets mathématiques plus perceptibles. On utilise alors souvent des figures géométriques, des graphiques de différentes natures telles que les diagrammes de Venn , les histogrammes, les graphiques cartésiens…

Cette approche classique de la question de représentation des concepts a été développée dans un contexte cognitiviste avec les travaux de recherches de R. Duval. Il instaure la notion de registres de représentation sémiotique.

2.3 Les registres de représentation sémiotique

La notion de registres de représentation sémiotique a été définit par R. Duval (1993) de la façon suivante : *« Les représentations sémiotiques sont des productions constituées par l'emploi de signes appartenant à un système de représentations qui a ses contraintes propres de signifiance et de fonctionnement, l'ensemble de ces signes est appelé le registre de représentation sémiotique ».*

L'importance de ces registres vient du fait que les objets mathématiques ne sont pas toujours perceptibles, ni visualisables, comme dans les autres disciplines scientifiques où l'étude porte sur des cas concrets. Ces registres fournissent un outil qui permet la représentation de ces objets

pour mieux les manipuler afin de les comprendre et étudier pour les utiliser.
La représentation est aussi indispensable pour voir tous les concepts et principes relatifs à une notion mathématique. Par exemple, lorsque l'on travaille sur la notion de fonctions, plusieurs registres sont utiles, les expressions algébriques permettent d'avoir la relation entre les deux variables et la représentation graphique permet de voir les variations, les extrema et le comportement linéaire ou non de la fonction.
Selon R. Duval l'utilisation des registres de représentation sémiotique doit permettre les trois opérations suivantes :

« La communication qui consiste à former une représentation identifiable, à constituer une trace ou un assemblage de traces perceptibles qui soient identifiables comme une représentation de quelque chose dans un système déterminé » .

« Le traitement de cette représentation par les seules règles propres au système ».

« La conversion des représentations produites dans un système en représentations d'un autre système de telle sorte que ces dernières permettent d'expliciter d'autres significations relatives à ce qui est représenté ».

Dans le cadre de cette approche comprendre un objet mathématique ne peut être atteint par les apprenants que par la maîtrise du même objet mathématique dans plusieurs registres de représentation sémiotique. En d'autres termes comprendre un objet mathématique, c'est acquérir la capacité de le reconnaître et le manipuler (faire des calculs, des raisonnements,…) dans des registres différents.

Avant d'achever cette partie, on va présenter une typologie d'erreurs de nature langagière qui va nous servir d'outil pour détecter la présence de productions erronées chez les élèves qui seront soumis à un test.

2.4 Typologie d'erreurs de nature langagière en mathématiques

Les erreurs de nature langagière qui peuvent être commises dans chacun des trois langages (courant, symbolique et graphique) sont classées selon trois types (Laborde, 1982) :

- erreurs de sémantique,
- erreurs de syntaxe ou autres,
- erreurs dans les traductions d'un langage vers l'autre.

Ces trois types sont décrits dans la grille suivante :

Tableau 2 : typologie d'erreurs langagières

1. Erreurs dans l'utilisation de la langue courante en mathématiques	
Type d'erreur	Description
Erreur de sémantique	Attribuer un sens erroné à un mot ou à un groupe de mots, ou leur attribuer un sens qui ne convient pas au contexte.
Erreur de syntaxe	Non-respect des règles de relations entre les mots dans la phrase.
Erreur mixte	• Lecture ou écriture comportant à la fois des erreurs de sémantique et de syntaxe. • Confusion entre différents niveaux de langage. • Erreur de traduction, du langage mathématique spécialisé au langage usuel, ou vice versa. • Discours mathématique mal articulé dans la langue courante.
2. Erreurs dans l'utilisation du langage symbolique en mathématiques	
Erreur de sémantique	Attribuer un sens erroné à un symbole

Erreur de syntaxe	Non-respect des règles de relations entre les symboles dans une phrase ou une expression symbolique: • non-respect des règles de priorité des opérations, • mauvaise utilisation des parenthèses, • mauvaise utilisation des symboles (connecteurs) logiques, • omission de symboles.
Erreur mixte	• Lecture ou écriture d'expressions symboliques comportant à la fois des erreurs de sémantique et de syntaxe. • erreur de traduction d'une forme symbolique à une autre forme symbolique. • discours mathématique mal articulé en langage symbolique.
3. Erreurs dans l'utilisation du langage graphique en mathématiques	
Figure géométrique	• ne pas utiliser la bonne figure, représenter un cas particulier au lieu d'un cas général, entraînant une mauvaise déduction par la suite, • faire une figure trop petite ou négligée, erreur d'échelle dans une figure, • erreur de perspective en trois dimensions,…
Graphique cartésien	• graphique non-approprié à la situation concernée, • erreur d'échelle sur les axes, • points mal placés, relier des points lorsqu'il ne faut pas ou vice versa, • informations mal localisées sur le graphique, • négligence dans le tracé du graphique, suggérant une fausse information,
Autre	• graphique non-approprié à la situation concernée, • non-respect des conventions dans le type de graphique utilisé, • omission d'informations.

3. Partie expérimentale

3.1 Problématique et méthode

Pour explorer les difficultés langagières dans l'apprentissage des nombres complexes et estimer l'ampleur de leur impact sur l'acquisition des compétences visées par cette notion programmée en terminale, une étude qualitative a été menée sur la base d'un test axé sur les différentes représentations des nombres complexes.

3.2 Choix de la population

Le test a été administré au sein de 53 élèves qui représentent l'effectif total de deux classes de la deuxième année du cycle secondaire qualifiant (année terminale) série sciences expérimentales, option sciences physiques filière internationale en français entrée en vigueur depuis l'année scolaire 2015-2016 dans le cadre d'une réforme pédagogique basée sur le plurilinguisme. Les deux classes appartiennent à deux lycées différents dans la ville de Kenitra à l'académie régionale de l'éducation et de la formation de la région de Rabat-Salé-Kenitra. Le nombre limité de lycées choisis est expliqué par le nombre restreint d'établissements qui abritent ces filières internationales du baccalauréat.

3.3 Elaboration du test

Le choix de la notion des nombres complexes a été dicté d'une part par son importance dans le programme des mathématiques, ce qui sera justifié par la suite en listant les capacités visées, et d'autre part par la diversité des registres de représentation sémiotique mis en œuvre dans cette leçon.

Un autre point qui montre l'importance de notre choix, c'est que les nombres complexes font un objet de transition secondaire-supérieur pour l'enseignement des mathématiques.

a. Les nombres complexes selon les orientations pédagogiques officielles (OPO)

Le contenu du chapitre sur les nombres complexes selon le curriculum scolaire (MEN, 2007), en vigueur depuis 2008, pour les classes de série sciences expérimentales peut être réparti selon deux cadres, algébrique et géométrique tel qu'il est décrit dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Descriptif du chapitre sur les nombres complexes

Contenu du cours		Capacités visées
Contenu à caractère algébrique	Contenu à caractère géométrique	
- Définition de l'ensemble $\mathbb{C}$ - Forme algébrique - Propriétés des affixes - Conjugué d'un complexe - Module d'un complexe - Propriétés du module - Argument d'un complexe - Propriétés de l'argument - Forme trigonométrique - Forme exponentielle - Formules de Moivre et d'Euler - Linéarisation de $cos^n\, x\, , sin^n\, x$ - Equations du deuxième degré.	- Représentation géométrique d'un nombre complexe - Interprétations géométriques du module et de l'argument - Alignement des points - Points cocycliques, - Droites parallèles, perpendiculaires - Ecriture complexe des transformations du plan (translation, homothétie, rotation, symétrie centrale)	- Calculs sur les nombres complexes - Conversion de la forme algébrique à la forme trigonométrique - Reconnaissance de certaines formules trigonométriques de base en utilisant les nombres complexes - Linéarisation d'expressions trigonométriques - Application des nombres complexes pour résoudre des problèmes géométriques - Représentation des transformations du plan par les nombres complexes - Résolution d'équations du deuxième degré.

L'examen du contenu relatif au chapitre des nombres complexes permet de confirmer les conclusions suivantes :

- Ce chapitre fait l'exemple où plusieurs registres de représentations sémiotiques sont utilisés. Il s'agit des registres numérique, algébrique, graphique et géométrique.
- L'acquisition des capacités visées nécessite pour l'apprenant une maitrise des différents registres où les nombres complexes sont représentés.
- La notion de nombres complexes met en jeu plusieurs cadres (Douady, 1986), algébrique, trigonométrique, géométrique et fonctionnel. L'aisance de traitement des nombres complexes dans ces différents cadres requiert un niveau de langage mathématique avancé.

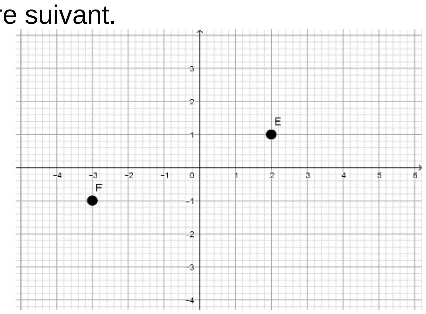
b. Elaboration du test

L'élaboration des 10 questions qui forment le test est basée sur les critères suivants :

- Le traitement des nombres complexes dans différents registres de représentations sémiotiques.
- La conversion d'un registre à un autre.
- Mise en jeu de plusieurs cadres.
- L'investissement de la plupart des concepts nécessaires pour la réalisation des capacités visés selon les OPO.

Les capacités requises par les dix questions du test sont explicitées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Analyse du test administré

Questions	Capacités requises
Q 1. Donner un exemple d'un nombre complexe.	Reconnaissance d'un nombre complexe
Q 2. Le nombre 13 est-il un nombre complexe ?	Identification d'un nombre complexe
Q 3. Donner $\overline{2+3\,i}$	Détermination du conjugué
Q 4. Représenter dans un repère orthonormé $(o,\vec{u},\vec{v})$ les points suivants définis par leurs affixes : $A_1(1-2i)$; $A_2\left(2(\cos\frac{\pi}{3}+i\sin\frac{\pi}{3})\right)$; $A_3\left(3e^{i\frac{\pi}{4}}\right)$	Représentation géométrique d'un nombre complexe
Q 5. Donner l'écriture algébrique des deux nombres z_1 et z_2 suivants : $z_1=6(\cos\frac{\pi}{6}+i\sin\frac{\pi}{6})$ et $z_2=5e^{i\frac{\pi}{2}}$	Reconnaissance de la forme algébrique d'un nombre complexe
Q 6. Donner l'affixe de chacun des points E et F représentés dans le repère suivant. 	Conversion de la représentation géométrique d'un nombre complexe à la forme algébrique.
Q 7. Donner le nom de chacune des notations suivantes : $\|z\|$, $Arg(z)$, $aff(M)$ (M est un point du plan)	Discrimination entre les différents symboles
Q 8. Soient le nombre $z=7(\cos\frac{\pi}{8}+i\sin\frac{\pi}{8})$. Préciser l'argument et le module de z	Reconnaissance des différents composants d'une écriture trigonométrique
Q 9. Soit le nombre $z=23e^{i\frac{\pi}{7}}$. Préciser $\|z\|$ et $Arg(z)$	Reconnaissance des différents composants d'une écriture exponentielle
Q 10. Soient A et B deux points d'affixes respectives z_A et z_B. Déterminer dans chacun des cas suivants l'ensemble des points $M(z)$ tels que : **a)** $\|z-z_A\|=3$, **c)** $\|z-z_A\|=\|z-z_B\|$ **b)** $\frac{z-z_A}{z-z_B}\in\mathbb{R}$, **d)** $\frac{z-z_A}{z-z_B}\in i\mathbb{R}$	Interprétation géométrique de certaines situations algébriques

Avant de clore cette partie, on va présenter une analyse du test selon les types de registres utilisés pour la formulation de chaque question et ceux nécessaires pour la production des réponses demandées.

Tableau 5 : Analyse des questions selon les registres de formulation et des réponses requises

Question	Registre(s) de la formulation des questions	Registre(s) requis pour la formulation de la réponse
Q1.	Langue naturelle.	Numérique, symbolique et algébrique.
Q2.	Langue naturelle, numérique, symbolique.	Langue naturelle, numérique.
Q3.	Langue naturelle, numérique, symbolique et algébrique.	Numérique, symbolique et algébrique.
Q4.	Langue naturelle, numérique, symbolique et algébrique.	Géométrique
Q5.	Langue naturelle, numérique, symbolique.	Numérique, symbolique et algébrique
Q6.	Langue naturelle, géométrique.	Numérique, symbolique et algébrique
Q7.	Langue naturelle, symbolique.	Langue naturelle et symbolique
Q8.	Langue naturelle, numérique, symbolique.	Numérique, symbolique et algébrique
Q9.	Langue naturelle, numérique, symbolique.	Numérique, symbolique
Q10.	Langue naturelle, numérique, symbolique et algébrique.	Langue naturelle et symbolique

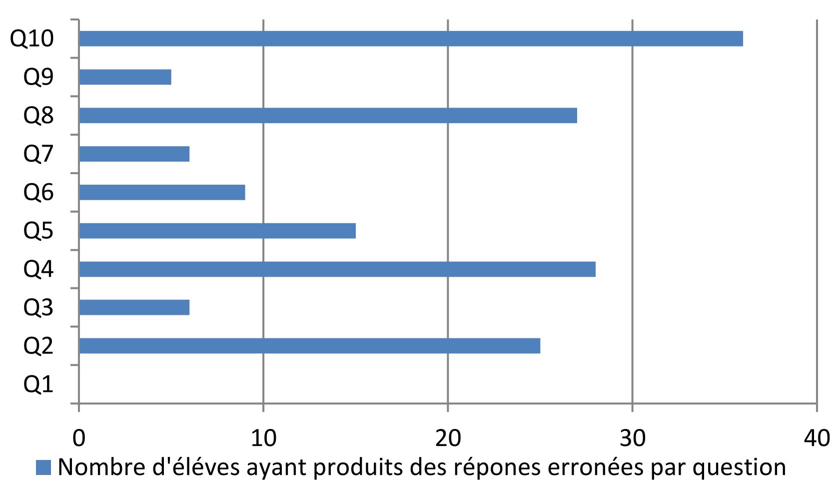
4. Résultats et Analyse

En s'appuyant sur la typologie d'erreurs décrite dans le tableau 2, l'analyse des copies des élèves a révélé les constats suivants :

4.1 Présentation des résultats

- La répartition des élèves testés selon les erreurs commises sur chaque question est donnée par le graphique suivant :

Graphique 1 : Répartition des élèves selon le nombre d'



- La liste exhaustive des erreurs commises dans chaque question est consignée dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Liste exhaustive des erreurs commises

Question	Description de l'erreur observée	Effectif d'élèves ayant produit l'erreur
Q 2.	Le nombre réel 13 n'est pas un nombre complexe	25
Q 3.	Réponse erronée concernant le conjugué d'un nombre complexe	6
Q 4.	Difficulté de passage de l'écriture algébrique à la représentation géométrique	8
	Difficulté de passage de l'écriture trigonométrique à la représentation géométrique	26
	Difficulté de passage de l'écriture exponentielle à la représentation géométrique	28
Q 5.	Difficulté de conversion de la forme trigonométrique à la forme algébrique	15
	Difficulté de conversion de la forme exponentielle à la forme algébrique	15
Q 6.	Difficulté de passage de la représentation géométrique à la forme algébrique d'un nombre complexe	2
	Notation erronée de l'affixe	6
	Confusion entre les notations de l'affixe et de l'image	9
Q 7.	sens des notations $\|z\|$, $Arg(z)$, $aff(M)$	6
Q 8.	Notation erronée de la mesure d'un angle	25
	Utilisation erronée du symbole de la congruence ($\equiv$)	27
Q 9.	Difficulté de détermination du module et l'argument à partir de la forme exponentielle.	5
Q 10.	Difficulté de convertir une situation algébrique à une autre géométrique	36
	Mauvais décodage de la consigne	6

4.2 Analyse des résultats et commentaires

L'analyse des productions des apprenants a permis d'identifier plusieurs difficultés que nous allons commenter pour mettre en relief leur impact sur l'apprentissage des nombres complexes ou leurs applications. Ces difficultés sont énumérées ci-dessous :

- Difficulté quant à l'interprétation géométrique des propriétés algébriques d'un nombre complexe. Par conséquent un traitement des nombres complexes dans un registre géométrique ne peut être une tâche facile pour les apprenants.
- Difficulté dans l'usage des notations en relation avec la notion de trigonométrie pour représenter un nombre complexe. Ce déficit en prérequis nécessaire en langage trigonométrique entrave la faculté de la manipulation des nombres complexes surtout en

formes trigonométriques. Par suite, l'application des nombres complexes dans le cadre fonctionnel (linéarisation par exemple) peut se révéler délicate chez l'apprenant.

Face à cette difficulté, un travail d'ordre curriculaire s'impose. Il s'agit de reformuler le contenu et les capacités visées par la leçon de la trigonométrie au collège et au lycée. A titre de suggestion, peut-être qu'il serait plus bénéfique d'accorder plus d'intérêt dans les programmes aux coordonnées polaires, pour que l'élève acquière la capacité de représenter un point dans le plan s'il connaît juste la distance à l'origine et l'angle sans s'approprier des coordonnées cartésiennes.

- Difficulté relative au passage des formes trigonométriques ou exponentielles d'un nombre complexe à sa représentation géométrique. Cette difficulté a un impact négatif sur quelques rôles importants de la représentation géométrique :
    - la visualisation pour percevoir des situations,
    - l'intuition utile pour émettre parfois des conjectures,
    - la vérification (non formelle) de certaines conjectures.
- Difficulté de la conversion de la représentation géométrique à la forme algébrique d'un nombre complexe.

Cet échec dans la conversion du registre géométrique à celui algébrique peut être expliqué par l'intérêt majeur accordé par les apprenants de classes terminales au travail dans le registre algébrique ou numérique. Ils manifestent alors un comportement pragmatique. En effet, la formulation des exercices dans les épreuves du baccalauréat (examen national) se fait majoritairement dans ces deux registres. Pour contourner cette défaillance, nous pensons qu'il est temps de repenser le système actuel d'évaluation certificative mis en place il y'a plus de 10 ans.

- Difficulté dans la reconnaissance d'un nombre complexe: la plupart des élèves testés considèrent qu'un nombre réel n'est pas complexe. Ceci est probablement la conséquence immédiate du choix didactique dans le programme. En fait, l'introduction des nombres complexes se fait par leur écriture algébrique $a + ib$.
- Difficulté dans l'utilisation des notations utilisées dans le chapitre des nombres complexes.

En présence de ces deux dernières difficultés, il nous semble impossible d'acquérir n'importe quelle capacité visée par les nombres complexes. De ce fait, un grand effort sur le plan didactique doit être fourni par la pertinence des choix de situations d'apprentissages et leur diversification. A ceci, il peut s'ajouter l'investissement des technologies de l'information et de la communication qui peuvent être des outils efficaces facilitant la maitrise des différentes représentations d'un nombre complexe et par suite permettre une aisance dans la manipulation des différents registres de représentation.

On déduit alors, que notre conjecture de départ est confirmée, c'est-à-dire que les difficultés langagières représentent l'obstacle majeur dans l'acquisition et l'investissement des savoirs liés aux nombres complexes.

Conclusion

La notion de nombres complexes occupe une place très importante dans le programme scolaire au secondaire pour les filières scientifiques vu leur importance en termes d'applications, mais aussi une base fondamentale pour les études supérieures. De ce fait, une bonne acquisition de cette notion et de ses différentes propriétés ainsi que les capacités en relation telles qu'elles sont stipulées par le curriculum scolaire, représente une finalité essentielle. L'Atteindre pour des apprenants de classes terminales est confronté à plusieurs difficultés dont celles à caractère langagier qui sont présentes d'une manière très remarquable.

Dans ce papier, on a traité ce type de difficultés qu'on a choisies de repérer en observant la manipulation des registres de représentation sémiotiques par les apprenants. En effet, le traitement des nombres complexes demande un recours à plusieurs formes langagières et de registres de représentations sémiotiques.

Notre étude a été focalisée sur l'exploration des difficultés langagières chez les élèves de classes terminales ayant subi un cours complet sur les nombres complexes. Des erreurs de syntaxe relatives aux différents symboles utilisés en nombres complexes, de sémantique quand il s'agit d'interpréter certaines situations et de conversion d'un registre de représentation sémiotique vers un autre ont été rencontrées dans les productions des élèves testés. L'analyse de ces erreurs, a été une occasion de dégager certaines suggestions à portée didactique dans le but d'améliorer l'enseignement de la notion des nombres complexes qui représente un objet de transition lycée-université.

Références Bibliographiques

CSEFRS. (2015). La vision stratégique de la réforme 2015-2030, Royaume du Maroc.

A.Bodin. (2000). Vers des niveaux de référence en mathématiques, pour les pays de la Communauté Européenne. Bulletin de l'APMEP N°426, 61-77.

C.Laborde. (1982). Langue naturelle et écriture symbolique: deux codes en interaction dans l'enseignement mathématique. Thèse d'état , IMAG, Université de Grenoble.

Commission Spéciale. (2000). Charte nationale de l'éducation d'éducation et de formation. Royaume du Maroc: Commission spéciale éducation et formation.

CSEFRS. (2016). Rapport analytique, programme PNEA, Royaume du Maroc. .

G.Brousseau. (1998). Théorie des situations didactiques : Didactique des mathématiques 1970-1990 . La Pensée Sauvage, Grenoble.

G.Vergnaud. (1990). La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques.

MEN. (2007). Orientations pédagogiques générales et programme des mathématiques pour le cycle secondaire qualifiant. Maroc: Direction des curricula.

OCDE. (2000). Mesurer les connaissances et compétences des élèves. Lecture, mathématiques et sciences : l'évaluation de PISA. , (also in English).

R.Douady. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. Recherches en Didactique des mathématiques, 7/2, pp. 5-31.

R.Duval. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Annales de didactique et de sciences cognitives Vol 5. Pages 37-65. IREM, Strasbourg.

Collaboration interdisciplinaire entre didactique des mathématiques et didactique du français. Analyse de la place du langage dans les programmes scolaires des mathématiques et de français au collège de trois pays francophones : Canada (Québec), France et Gabon

Armand Paul Beh Biyogo[1]

Résumé

La question du langage est au centre de la transformation de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques aujourd'hui. En effet, cette prise en compte du langage nous amène à nous intéresser aux formes linguistiques et/ou langagières inscrites dans les programmes scolaires des mathématiques et de français afin de voir les croisements possibles qu'elles peuvent susciter entre l'enseignement du français et celui des mathématiques dans une perspective interdisciplinaire. La réflexion sur le langage pour chaque enseignant lui donne la possibilité de s'ouvrir aux autres disciplines pour mettre en place des équipes travail dans un cadre collaboratif. Le langage établit donc une passerelle entre les disciplines.

Mots-clefs : didactique, place du langage, programme scolaire, interdisciplinarité, vision systémique.

1. Contextualisation

Notre étude s'inscrit dans le cadre des travaux de recherche de la thèse que nous menons actuellement sur la thématique suivante : *Du décloisonnement des activités à l'interdisciplinarité. Le cas de l'enseignement-apprentissage du français et des disciplines scientifiques dans les collèges au Gabon*. En effet, l'ambition de ces travaux, qui englobent les mathématiques, la physique-chimie et les sciences de la vie et de la terre, est de montrer, entre autres choses, comment à partir de l'enseignement décloisonné du français on pourrait établir des « passerelles » avec l'enseignement de chacune de ces disciplines. L'enjeu du colloque étant de s'interroger sur l'enseignement des mathématiques et ses rapports avec les autres disciplines, la présente communication examinera précisément le cas d'espèce du couple français-mathématiques. Pour y parvenir, nous avons opté de nous appuyer sur les programmes scolaires de niveau collège dans trois pays : Gabon, Canada (Québec) et France, liés tant par l'histoire que par la langue française qu'ils ont en partage. Si au Québec et en France le français est la langue maternelle de tous les collégiens, tel n'est pas le cas au Gabon où, dans les zones rurales (un

[1] Doctorant **Laboratoire de Linguistique et de Didactique des Langues Etrangères et Maternelles** (LIDILEM), Université Grenoble Alpes

peu moins de 10% de la population scolaire), le français apparaît comme une langue seconde (et non maternelle) en ce qu'elle est la langue dévolue pour l'enseignement.

Ainsi, au Gabon, par exemple, on remarque une très faible évolution du nombre d'élèves dans les séries scientifiques (C et D) au baccalauréat, par rapport aux séries littéraires (A1, A2 et B). Selon la Direction générale des examens et concours[2], en 2007, on a enregistré dans les séries scientifiques 2 643 candidats (contre 11 336 en séries littéraires), tandis qu'en 2017 on en comptait 2 674 (contre 19 019 dans les séries littéraires). Soit une augmentation de 31 candidats en séries scientifiques, au cours de cette dernière décennie, lorsque les séries littéraires avoisinent une croissance de près de huit mille candidats. De plus, depuis l'institution du baccalauréat dans le système éducatif gabonais en 1960 et jusqu'à ce jour, les mathématiques et le français sont les principales disciplines dans lesquelles les candidats admissibles sont souvent contraints de reprendre au second tour. La plupart du temps, plus de deux tiers des élèves reviennent pour l'une ou l'autre discipline, et, en même temps, près de la moitié des candidats reprennent les deux matières. Ce qui semble confirmer, *a priori*, l'appréhension de Marie Hélène Pouget (1993, p.8) qui se demandait déjà si ces deux disciplines ne constituaient pas « le couple diabolique de l'échec au collège ».

Parallèlement, au cours de ces deux dernières décennies, en France, plusieurs recherches, dans le cadre de l'interdisciplinarité français-mathématiques, sont entreprises par des IREM (Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques)[3] afin d'aider les élèves en difficultés. De même, au Québec, depuis le renouveau pédagogique impulsé par la mise en place des nouveaux programmes en 2000, Lucie De Blois[4](2011) nous révèle que certains travaux menés par le CRIRES (Centre de recherche et d'intervention sur la réussite scolaire) montrent une différence notoire dans les résultats aux évaluations en « numératie » et en « littératie » des élèves de niveau collège. L'enjeu pour nous est de savoir si ce qui apparaît ici comme un champ d'exploration pour la recherche l'est aussi manifeste dans les prescriptions ou programmes scolaires relatifs à l'enseignement des mathématiques et du français. Comment apparaissent ces prescriptions curriculaires en rapport avec les formes linguistiques et/ou langagières susceptibles d'établir des « ponts » entre l'enseignement du français et l'enseignement des mathématiques ? Quels enseignements didactiques peut-on déduire de cette introduction des questions linguistiques dans les programmes scolaires de mathématiques et de français ? Telles sont les principales préoccupations qui constituent le fondement de notre étude.

2. **Cadre théorique : le langage comme matière-pont, une nécessité pour toutes les disciplines ?**

L'analyse que nous nous proposons de faire s'inspire, pour l'essentiel, en premier lieu, des fondements théoriques préconisés par le linguiste et éducateur Éric Hawkins (1981, 1984 et 1992) à travers son concept, « awareness of language » (réflexion sur le langage ou prise de conscience métalinguistique) issu de son étude menée sur le programme scolaire britannique. En effet, il

[2] Rapport DGEC du Gabon (2017) sur l'évolution du nombre de candidats scientifiques au Bac.
[3] - Groupe mathématiques-français de l'IREM de Strasbourg (2000). Un travail interdisciplinaire en français et en mathématiques. *Repères*-IREM n°38, Tropiques Editions
- IREM de Montpellier : Sauter M. (2000), Formation de l'esprit scientifique avec les narrations de recherche en cycle central du collège, *Repères*-IREM n°39
[4] Professeur titulaire en didactique des maths, membre du CRIRES

s’agit là d’une approche plurilingue de l’enseignement-apprentissage des langues (maternelle et étrangère) dans les écoles en Grande Bretagne. Pour Éric Hawkins (1992, p.42) :

> Le point de départ de ‘’awareness of language’’ consiste, donc, à reconnaître l’importance centrale du langage et l’insuffisance de l’apprentissage linguistique offert à l’école. La faculté du langage est l’attribut qui détermine et définit ce qu’est l’humanité. […] Et pourtant, la plupart de nos élèves quittent l’école sans être conscients du rôle capital joué par le langage. Ils étudient de près le fonctionnement de l’univers physique, chimique, biologique ainsi que d’autres disciplines difficiles. Mais les questions linguistiques importantes qui ne sont jamais abordées dans le programme traditionnel forment malheureusement une liste fort longue.

Dès lors, nous constatons qu’Éric Hawkins (1992) fait des questions linguistiques le nœud gordien de l’enseignement-apprentissage, quelle que soit la discipline. Pour lui, la prise en compte du langage est une question transversale dont la vocation est de promouvoir le « décloisonnement » et « l’interdisciplinarité ». Aussi, pense-t-il qu’il faut introduire le langage comme une « matière-pont » dans le programme scolaire britannique et il en définit les contours en ces termes: « cette nouvelle matière [qui] ne remplace en aucune façon les matières existantes mais elle constitue une ‘’passerelle’’ qui permet aux professeurs traditionnellement isolés dans leurs classes de se rencontrer et de faire cause commune ». (Hawkins, 1992, p.41) Autrement dit, l’introduction de cette « matière-pont » dans le programme, permet de « mettre un terme au cloisonnement et à l’isolement des différents professeurs de langues, et, en même temps, de faciliter une coopération efficace entre les étapes successives de la scolarité ». (1992a) Cette volonté de faire converger et collaborer des professeurs de différentes disciplines, grâce à la prise en compte des questions linguistiques et /ou langagières, fait écho au « décloisonnement » des activités, promu par les didacticiens du français comme Sylvain Bilodeau (2009), Bertrand Daunay (2005) ou encore Daniel Stissi, qui affirme d’ailleurs que « désormais l’enjeu est pleinement didactique, il ne s’agit plus d’un simple atout pédagogique, ni simplement de grammaire » (2003, p.49). Laisser évoluer les « sous-disciplines » du français de façon autonome sans chercher à les faire converger constitue alors une entrave inadmissible à l’esprit des nouveaux programmes qui s’inscrit dans la congruence. Stissi poursuit en déclarant de manière péremptoire :

> Peu importe la forme des séquences, il n’y a pas de séquence canonique ; mais hiérarchiser les objectifs, organiser la plupart du temps les activités orales, les activités de lecture, d’écriture et d’étude de la langue de façon convergente est une nécessité (2003, p.49).

Ainsi, l’étude de la langue sort définitivement de son isolement et se trouve alors désacralisée, n’étant plus seulement qu’un outil, et reconnue comme indispensable, se poursuivant jusqu’au lycée, puisqu’elle est au cœur du décloisonnement.

Dans cette optique, notre seconde inspiration s’appuie sur les travaux réalisés par Catherine Brissaud (2006) consistant à faire une lecture analytique des instructions officielles pour le collège, en France, en cherchant à savoir ce qu’écrire voulait signifier dans les différentes disciplines. Il s’agit ici d’une recherche qui s’intéresse particulièrement au langage écrit avec comme point d’ancrage le lexique dans sa dimension polysémique nécessaire. En effet, cette étude qui examine le programme de cinq disciplines différentes (français, mathématiques, SVT, histoire-géographie, technologie) souligne que :

> la maîtrise de l'écriture est présentée comme un objectif majeur de l'enseignement au collège et les différentes disciplines, qui participent à la ''la formation générale des élèves, à leur apprentissage du raisonnement, de l'expression, des méthodes de travail, à leur éducation civique'' (pg.SVT, 6e, 16) doivent apporter leur contribution à l'apprentissage de la langue, de l'expression, en coordination avec l'enseignement de français (2006, p.15)

Ainsi, la prise en compte de la place du langage dans toutes les disciplines c'est-à-dire sa propension à être une ''passerelle'' va favoriser non seulement le travail collaboratif mais surtout ouvrir la voie à une nouvelle façon de penser le métier même d'enseignant, en reconsidérant son rôle. A ce sujet, Eric Hawkins déclare :

> Nous insistons sur l'importance du ''travail d'équipe'' (team-teaching) de la part de tous les professeurs de langues, en collaboration constante avec leurs collègues de musique, histoire, géographie et biologie ; une telle collaboration n'est guère possible sans l'introduction d'une ''matière-pont'', un programme défini et concret dans lequel chaque professeur connaît son rôle (1992, p.54)

En somme, par-delà le fait que les concepts « *awareness* » (la réflexion sur le langage), « *team-teaching* » (le travail collaboratif), « décloisonnement » et « interdisciplinarité » font tous de la prise en compte du langage une nécessité pour toutes les disciplines, nous sommes amené à penser qu'une nouvelle conception didactique développant une approche systémique de l'enseignement-apprentissage serait envisageable. Cette approche systémique consiste, pour l'enseignant de chaque discipline, à avoir un esprit d'ouverture et de collaboration, une vision plus globale de son rôle en reconnaissant le langage comme « *matière-pont* » ou point d'ancrage nécessaire autour duquel se construisent tous les autres enseignements-apprentissages.

3. Méthodologie : analyse des programmes scolaires

Il s'agit pour nous, essentiellement, de nous intéresser d'abord à l'organisation des différents programmes pour les contenus étudiés, ensuite à la façon dont nous avons pu accéder à ceux-ci, puis à la démarche d'analyse que nous avons adoptée pour ce travail.

3.1 Présentation de l'organisation des programmes

Si, *a priori*, l'organisation des programmes scolaires en France, au Québec et au Gabon n'est pas la même, on relève toutefois une forte proximité entre les programmes scolaires français et québécois. En effet, la France et le Québec ont des programmes fondés sur une approche pédagogique dite l'approche par les compétences. Ces programmes publiés en 2006 (Québec) et 2015 (France) s'appuient sur les recherches les plus récentes dans le domaine de l'éducation et de l'apprentissage. En même temps, ils sont conçus dans la perspective d'une formation de base commune qui s'inscrit dans la continuité des programmes du primaire. Ils s'articulent autour de trois points fondamentaux dont seules les formulations permettent de les distinguer.

Ainsi, les programmes français se déclinent en trois volets : le premier volet porte sur les spécificités du cycle, dit cycle des approfondissements (cycle 4 ou collège), où cinq faits saillants ressortent à savoir : la découverte par les élèves d'un nouveau rapport à eux-mêmes et au monde, le passage d'un langage à un autre, les médias, la créativité et le vivre-ensemble, puis l'orientation. Le deuxième volet égrène les contributions essentielles des différents enseignements au socle commun de connaissances, de compétence et de culture qui met en exergue cinq domaines : les langages pour penser, les méthodes et outils pour apprendre, la formation de la personne et du citoyen, les systèmes naturels et les systèmes techniques, enfin les représentations du monde et l'activité humaine. Quant au troisième volet, il énumère les enseignements proposés dans ce cycle et qui s'élèvent au nombre de treize c'est-à-dire : français, langues vivantes (étrangères ou régionales), arts plastiques, éducation musicale, histoire des arts, éducation physique et sportive, enseignement moral et civique, histoire géographie, physique-chimie, sciences de la vie et de la terre, technologie, mathématiques, éducation aux médias et à l'information.

Pour ce qui est du programme de formation québécois, les trois volets qui le structurent sont : d'abord celui qui correspond aux domaines généraux de formation répartis en cinq pôles : santé et bien-être, orientation et entrepreneuriat, environnement et consommation, médias, enfin vivre-ensemble et citoyenneté. Ensuite, le deuxième volet relatif aux compétences transversales, qui sont au nombre de neuf et regroupées en quatre ordres : ordre intellectuel (exploiter une information, résoudre un problème, exercer son jugement critique et mettre en œuvre sa pensée créatrice) ; ordre méthodologique (se donner des méthodes de travail efficaces et exploiter les TIC) ; ordre personnel et social (actualiser son potentiel et coopérer) ; ordre de la communication (communiquer de façon appropriée). Le dernier volet concerne les domaines d'apprentissages disciplinaires qui sont au nombre de cinq dont les langues ; la mathématique, la science et la technologie ; l'univers social ; les arts ; enfin le développement personnel.

S'agissant des programmes scolaires du Gabon, leur grande particularité réside en ce qu'il y a une discontinuité entre le primaire et le secondaire notamment pour ce qui concerne les approches pédagogiques. Alors que les programmes du primaire, réformés depuis 2002 se fondent sur l'approche pédagogique dite l'approche par les compétences, à l'instar des programmes québécois et français, ceux du collège dont la parution remonte au milieu voire à la fin des années 90, en revanche, s'appuient sur l'approche par les objectifs et s'articulent en deux grands points à savoir : d'une part, les objectifs disciplinaires généraux visés (qui sont spécifiques à chaque discipline) ou directives pédagogiques. Ainsi, en français, quatre objectifs sont visés : la maîtrise de l'expression écrite et orale, l'acquisition des méthodes de réflexions, la capacité à se situer dans le monde et l'enseignement de la langue. Parallèlement, en mathématiques, près d'une dizaine d'objectifs sont visés : présenter un concept, présenter des outils, assurer une progressivité des acquis, initier au raisonnement, prendre en compte les outils mathématiques, exploiter l'environnement socio-culturel, rendre l'élève actif, traiter tout le programme. D'autre part, la déclinaison des contenus par niveau qui donne la nomenclature des enseignements disciplinaires dont la présentation se fait sous forme de plusieurs chapitres.

3.2. **Description du mode d'accès aux différents programmes**

Etant donné que les programmes scolaires des pays qui font l'objet de notre étude sont des documents officiels de leurs Etats respectifs, nous avons dû recourir à leurs auteurs qui sont les gouvernements à travers les ministères en charge de l'éducation. Ainsi, pour le Québec et pour la France, c'est via les sites internet officiels du ministère québécois de l'éducation et du ministère français de l'éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche, que nous nous sommes procuré les versions intégrales des programmes. On peut donc dire que l'accès était plutôt facile et la consultation aisée car, à chaque fois, nous avions un document rassemblé (en 632 pages pour le Québec et en 383 pages pour la France), réunissant l'ensemble des données relatives aux missions, aux approches pédagogiques et contenus. Quant aux programmes du Gabon, nous avions en notre possession uniquement les programmes de français pour l'enseignement au premier cycle secondaire (rassemblés dans un document de 99 pages), acquis en 2005 lorsque nous commencions notre formation de conseiller pédagogique à l'Ecole normale supérieure de Libreville. L'obtention des programmes de mathématiques n'a pas été facile, n'eût été la collaboration de deux collègues inspecteurs de mathématiques, en poste à Libreville, qui me les ont fait parvenir par mail dans un document de 27 pages.

3.3. **Description de la démarche empruntée et analyse des données**

Notre objet d'étude étant d'examiner la place du langage dans les programmes scolaires des mathématiques et de français, aussi, notre démarche sera-t-elle d'essence comparative et analytique comme le font Catherine Brissaud (2006) et Éric Hawkins (1992) en procédant respectivement à une lecture analytique des instructions officielles, en France et à une analyse du programme scolaire britannique. En effet, cette démarche, qui est une analyse discursive des différents programmes, se caractérise par une mise en exergue du lexique consistant dans un premier temps à repérer des indices lexicaux ou formes linguistiques et /ou langagières en tenant compte de leur polysémie, ensuite à les comparer selon les disciplines ciblées et par rapport à l'objet d'étude, puis à établir des convergences voire des ''passerelles'' pouvant conduire à la mise en place des ''team-teaching'' (équipe de travail) tel que le préconise Éric Hawkins (p. 54, 1992) . Ainsi, pour mieux faire ressortir la dimension comparative, notamment les éléments de convergence, par discipline et par pays, indispensables à la collaboration et à l'interdisciplinarité, nous présentons notre analyse sous forme de deux tableaux : le premier tableau présente les mathématiques, tandis que le second est dédié au français. Chaque tableau se subdivise en six colonnes indiquant les pays, les années de publication, les approches pédagogiques en vigueur, les indices lexicaux identifiés ou les manifestations des formes linguistiques et/ou langagières, puis le relevé des compétences travaillées et/ou objectifs visés. Il faut noter que la quatrième colonne est éclatée en quatre rubriques précisant chacune le caractère implicite, explicite ou non du lexique et appuyé par des exemples correspondant aux citations de chaque programme. Dès lors, par le jeu de la comparaison, nous pourrions dégager certaines occurrences lexicales ou linguistiques qui vont nous permettre de construire les résultats escomptés.

Tableau 1 : Lecture analytique et comparative des programmes de mathématiques

Pays	Années	Approches pédagogiques	Indices lexicaux ou manifestations des Formes linguistiques et/ou langagières en maths				Compétences travaillées et/ou objectifs visés
			Implicite	Explicite	Aucun	Exemples	
							-faire le lien entre langage

France	2016	Par compétences		X		Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques (voir domaine 1 du socle)	naturel et langage algébrique -expliquer à l'oral ou à l'écrit -comprendre les explications d'un autre et argumenter -vérifier la validité d'une information -lire, interpréter, commenter, produire des tableaux…
Gabon	1999	Par objectifs	X			Initier le plus tôt possible au raisonnement	-émettre des conjectures -argumenter, justifier des réponses -infirmer des propositions par des contre-exemples
Canada (Québec)	2006	Par compétences		X		Communiquer de façon appropriée	-analyser une situation de communication à caractère mathématique -produire un message à caractère mathématique -interpréter ou transmettre des messages à caractère mathématique

Tableau 2 : Lecture analytique et comparative des programmes de français

Pays	Années	Approches pédagogiques	Indices lexicaux ou manifestations des Formes linguistiques et/ou langagières en français				Compétences travaillées ou Objectifs visés
			Implicite	Explicite	Aucun	Exemples	
France	2016	Par compétences		X		Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit (voir domaine 1 du socle)	-comprendre et s'exprimer à l'oral -lire -écrire -comprendre le fonctionnement de la langue
Gabon	1999	Par objectifs		X		Maîtriser l'expression orale et écrite Enseigner la langue	-communiquer -écouter -parler -lire -écrire avec rigueur et profit
Canada (Québec)	2006	Par compétences		X		Communiquer de façon appropriée	-lire et apprécier des textes variés -écrire des textes variés -communiquer oralement selon les modalités variées

En observant de près les deux tableaux, nous pouvons relever essentiellement une forte récurrence des verbes et autres vocables dont la signification renvoie explicitement (soit par synonymie, soit par dénotation) ou implicitement (par connotation) au langage. Par-delà la dimension sémantique, il faut aussi souligner l'importance des occurrences ainsi que la reprise à l'identique (au moins cinq fois) de certains verbes comme « communiquer », « comprendre », « lire », « écrire » aussi bien en mathématique qu'en français et dans l'ensemble des trois programmes d'étude. Il en est de même pour l'utilisation récurrente de certains termes tels que « l'oral », « l'écrit », « la communication » dans l'ensemble des programmes. Tous ces usages communs du lexique en rapport avec le langage montrent que les programmes de mathématiques et du français posent en quelque sorte les jalons des possibles passerelles entre les didactiques de ces deux disciplines.

4. **Résultats de l'analyse**

Les différentes formes linguistiques et/ou langagières que nous avons identifiées dans les trois programmes scolaires de mathématiques et de français retenus pour cette étude nous ont permis de réaliser combien la prise en compte du langage dans le processus d'enseignement-apprentissage, longtemps présentée comme l'apanage du français, apparaît aujourd'hui comme une nécessité irréfutable pour l'enseignement des mathématiques. En effet, cette tendance promue par les didacticiens de mathématiques semble bien ancrée déjà dans les programmes scolaires notamment ceux qui ont adopté l'approche pédagogique dite par les compétences. Deux résultats aux allures complémentaires se dégagent de cette analyse, à savoir d'une part que la prise en compte du langage pour enseigner les mathématiques donne une nouvelle vision à cet enseignement qui se veut plus globale, plus ouverte et, d'autre part, qu'elle suscite une dynamique congruente entre les enseignements-apprentissages du français et des mathématiques.

4.1. **Une vision systémique des liens interdisciplinaires entre français et mathématiques**

Ce premier résultat est manifeste dans l'ensemble des programmes que nous avons examinés en ce qu'il trouve ses origines dans la primauté accordée à la place de la maîtrise du langage dans le processus d'enseignement-apprentissage des mathématiques et du français. En effet, le langage apparaît ici comme l'élément qui va fédérer l'enseignement-apprentissage des deux disciplines autour de la volonté de « communiquer », caractéristique commune à l'enseignement du français et des mathématiques. Dès lors que la question du langage se retrouve au centre de l'enseignement-apprentissage, il va sans dire que cette évolution se traduit par la transformation de la conception et de la pratique du métier d'enseignant. La prise en compte systématique du langage et la dynamique collaborative amènent l'enseignant, progressivement, à sortir de son isolement disciplinaire. L'exigence de la bonne maîtrise du langage dans l'enseignement-apprentissage des mathématiques permet au professeur de mathématiques d'avoir une vision plus ouverte et globale, pour faciliter l'accès aux apprentissages mathématiques. Certes, le degré et la nature de l'exigence ne sont pas les mêmes, dans ces deux disciplines, mais il reste tout de même que la préoccupation fondamentale, c'est-à-dire un meilleur apprentissage, est toujours de mise. C'est pourquoi, cette vision systémique des liens interdisciplinaires dont l'enjeu est de poser la question du langage à partir du croisement des disciplines va favoriser le travail collaboratif susceptible de faire éclore la congruence des enseignements-apprentissages.

4.2. **Une congruence des enseignements-apprentissages**

Une vision systémique de l'interdisciplinarité entre le français et les mathématiques a pour conséquence immédiate la nécessité de trouver des convergences entre ces disciplines et la volonté de créer une cohérence tant dans les didactiques que dans les apprentissages. En effet, l'exigence partagée de la maîtrise des discours en français et mathématiques fait que les enseignants et didacticiens de ces disciplines doivent veiller à ce que le langage soit plutôt une source de cohérence dans les apprentissages. Par-delà la conception que l'on peut se faire du langage, le plus important est qu'à partir des formes linguistiques et/ou langagières, les didacticiens et enseignants de mathématiques formulent des contenus et adoptent des pratiques en intelligence avec leurs collègues de français, pour rendre leurs enseignements cohérents, donc plus accessibles aux élèves. Ainsi, il en est par exemple de la compétence « lecture » que l'on retrouve invariablement en mathématiques et en français comme étant une compétence qui se travaille et autour de laquelle se greffent d'autres compétences qui lui sont intimement liées comme « l'interprétation » et « la compréhension ». Si la vision systémique et la congruence des enseignements-apprentissages sont mises à profit dans le cas d'espèce cité ci-dessus, alors la compétence « lecture » avec ses ramifications pourrait bien faire l'objet d'un travail collaboratif entre enseignants et didacticiens de mathématiques et ceux de français. L'intérêt d'une telle démarche serait de faire en sorte que se mettent en place des équipes de travail didactiques dynamiques qui pourraient proposer des conceptions communes. D'ailleurs, les différents programmes examinés ne manquent pas d'encourager ces échanges interdisciplinaires entre les mathématiques et le français, fondés sur le croisement de leurs contenus respectifs.

5. **Discussion et perspectives : quels enseignements ?**

Notre étude dont la spécificité méthodologique reposait sur une analyse discursive et comparative des programmes des mathématiques et du français avait pour priorité d'identifier toutes les formes linguistiques et/ou langagières d'ordre lexical se rapportant au langage dans leur enseignement-apprentissage. L'objectif était donc de voir si, à partir de ces formes linguistiques et/ou langagières, nous pouvions établir des relations interdisciplinaires entre l'enseignement du français et l'enseignement des mathématiques en vue de faciliter l'accès des élèves aux apprentissages mathématiques. En effet, cet objectif nous semble, *a priori*, atteint à en juger par les deux résultats énoncés ci-dessus, lesquels mettent en exergue l'affirmation de la primauté du rôle de la langue dans les enseignements-apprentissages et la nécessaire interdisciplinarité entre les didactiques des mathématiques et de français. Il faut dire aussi que ces résultats abordent là, sans doute, ce pan de la recherche en linguistique et en didactique qui fait, depuis près de deux décennies, l'objet de plusieurs travaux tendant à montrer en quoi la maîtrise de la langue est une clé majeure, aujourd'hui, pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques en particulier, et de toutes les disciplines scolaires en général comme le soulignent les études de Elizabeth Bautier (1997), celles de Maryse Rebière, Martine Jaubert et Jean Pierre Bernié (2004) ainsi que les travaux de Christophe Hache(2013). Toutefois, ce regain d'intérêt pour la question de l'interdisciplinarité ne manque pas de susciter des interrogations de nature dubitative comme le révèlent les publications de Corinne Castela (2018) et de Pierre Legrand (2018). En effet, Corinne Castela met en exergue par exemple « la complexité épistémologique et institutionnelle de tout projet interdisciplinaire » (2018, p.83) dans ce qu'elle qualifie de « voyage en terres inconnues ». Et Pierre Legrand, en réaction offensive à la publication du *Manifeste pour l'interdisciplinarité*[5] par Florence Nény, ajoute sans équivoque : « Il s'agit ici de s'interroger sur le principe même

[5] Florence Nény dans le Bulletin *APMEP* n°524

d'activités interdisciplinaires au collège et au lycée, ainsi que sur les modalités de ces activités » (2018, p.108)

Au-delà de ce débat, nous pensons néanmoins, que notre analyse gagnerait davantage en épaisseur en la renforçant avec d'autres outils que les programmes scolaires tels que les manuels, les entretiens avec les principaux acteurs (enseignants, élèves), leurs écrits ainsi que les observations de classe. Tel est justement l'éventail de notre champ de recueil des données de l'ensemble du travail de notre thèse en cours.

Références bibliographiques

Bautier, E. (1997). Pratiques langagières, activités des élèves et apprentissages. *La Lettre de la DFLM*, n°12 ,10-13

Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de ''communauté discursive'' : un apport à la didactique comparée ? *Revue Française de Pédagogie*, n°141, 77-88

Bilodeau,S. (2009). Décloisonner les différentes sous-disciplines du français : conception et pratique. *Québec français*, n°153, p.79-81

Brissaud, C. (dir.). (2006). Barré-De Miniac , C. et Reuter, Y. Ce qu'écrire veut dire dans différentes disciplines : lecture analytique des instructions officielles pour le collège. *Apprendre à écrire au collège dans les différentes disciplines*, INRP, P.15-22

Castela, C.(2018). Dossier interdisciplinarité. Interdisciplinarité, voyages en terres inconnues. MATHEMATIQUES ET INTERDISCIPLINARITE – II. *APMEP Bulletin 525-526, p.83-98*

Daunay, B. (2005/2). Le décloisonnement : un enjeu de la discipline. *Recherche, Enjeu de l'enseignement du français*, n°43, p.139-150

De Blois, L. (2011). *ENSEIGNER LES MATHEMATIQUES. DES INTENTIONS A PRECISER pour planifier, guider et interpréter*, Laval, Québec, Les Presses de l'Université Laval, 223 pages

Direction Générale des Examens et Concours du Gabon.(2017). *Rapport sur l'évolution du nombre de candidats scientifiques au Bac*, Libreville, Gabon, Dgec.

Eduscol.education.fr/ressources (2016). Mathématiques et maîtrise de la langue. Une ressource produite dans le cadre de la stratégie mathématique en partenariat avec le réseau des IREM, Ministère de l'Education nationale de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, p.1-21

Hache, C. (2013). Langage mathématique à la transition primaire/collège. Faire des mathématiques à l'école : de la formation des enseignants à l'activité de l'élève. *ARPEME*, pp. 452-643

Hawkins, E. (1992) La réflexion sur le langage comme ''matière pont'' dans le programme scolaire in *REPERES,* n°6, p.41-56

Institut Pédagogique National. Programme de mathématiques en classe de 3ème (1999), Libreville, Gabon, Ipn.

Jaubert, M., Rebière, M. (2011). Positions énonciatives pour apprendre dans différentes disciplines scolaires : une question pour la didactique du français ? *Pratiques*, 149-150, pp. 112-128

Jaubert, M., Rebière, M., Bernié, J.-P. (2004). L'hypothèse ''communauté discursive'' : d'où vient-elle ? où va-t-elle ? *Les cahiers de Théodile*, 4, Lille

Legrand, P. (2018). Dossier interdisciplinarité. Interdisciplinarité : Outil ou leurre ? MATHEMATIQUES ET INTERDISCIPLINARITE – II. *APMEP Bulletin 525-526, p.108-116*

Ministère de l'éducation du Québec. (2002). Programme de Formation. Repéré à http://www1.education.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire1/index.asp?page=math2

Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2015). Repéré à http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=33400

Pouget, M.-H (1993). Mathématiques-Français : une nouvelle actualité ? *Cahiers pédagogiques*, 316, pp.8-9

Rebière, M. (2013). S'intéresser au langage dans l'enseignement des mathématiques, pourquoi faire ? Présentation de quelques concepts développés par le groupe de didacticiens de Bordeaux. QUESTIONS VIVES EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES : PROBLEMES DE LA PROFESSION D'ENSEIGNANT, ROLE DU LANGAGE. XVIe école d'été de didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol.1, Carcassonne, La Pensée Sauvage éditions, pp. 219-232

Stissi, D. (2003). Pour un enseignement de la grammaire du discours. *Le Français aujourd'hui*, n°141, p.44-51

Analyse des actions discursives d'un enseignant lors d'une séquence d'enseignement intégrant un environnement de géométrie dynamique

Faten Khalloufi-Mouha[1]

Résumé

En se plaçant dans le cadre de la théorie commognitive, ce travail analyse les actions discursives d'un enseignant lors d'une discussion collective visant l'introduction de la notion de mesure d'un arc orienté. La phase de discussion collective suit une phase de travail par binômes au cours de laquelle les élèves utilisent l'artefact technologique Cabri pour expérimenter l'idée de l'enroulement de la droite des réels autour du cercle trigonométrique. L'analyse s'intéresse essentiellement à identifier dans le discours de l'enseignant, comment il utilise les médiateurs visuels et un vocabulaire mathématique associé pour guider les élèves à établir une communication efficace.

1. Introduction et problématique

L'intégration d'un artefact technologique dans une classe de mathématique nécessite une organisation spécifique des séances d'enseignement de point de vue de la préparation et de la réalisation et nécessite la mise en place d'un nouveau contrat didactique et de nouvelles stratégies d'enseignement. Cette intégration influence ainsi, les pratiques de l'enseignant dans la classe et l'apprentissage des élèves. L'analyse des pratiques enseignantes lors de l'intégration des nouvelles technologies a fait l'objet de plusieurs recherches dans le domaine de l'éducation. Plusieurs cadres théoriques ont été utilisé et des modèles des pratiques enseignantes ont été proposés (Monaghan, 2004, Ruthven, 2007, Mariotti, 2013, Abboud-Blanchard & Vandebrouck, 2012….) Dans ce travail nous nous intéressons à l'analyse des interventions d'un enseignant, lors d'une phase de discussion collective dans le cadre d'une séquence expérimentale intégrant l'environnement de géométrie dynamique Cabri géomètre. Ces phases de discussions collectives jouent un rôle essentiel dans l'évolution du processus d'enseignement apprentissage et sont généralement déclenchées par l'enseignant et impliquent toutes la classe. Dans notre analyse nous focalisons essentiellement sur les actions discursives de l'enseignant permettant de guider les élèves dans l'établissement d'une communication efficace. Les éclairages fournis par cette étude sont susceptibles de contribuer à une meilleure planification des situations intégrant un environnement informatique dans l'objectif de fournir aux élèves l'opportunité d'établir une communication efficace et de construire les connaissances mathématiques visées par l'enseignement.

Notre analyse se place dans le cadre de la théorie commognitive (Sfard, 2008) et adopte l'approche analytique proposée par Nilsson et Ryve (2010) et reprise par Ryve, Nilsson et Pettersson (2013) afin d'apporter des éléments de réponse à la question de recherche :

Comment l'utilisation de la part de l'enseignant de médiateurs visuels relatifs à l'environnement de géométrie dynamique Cabri et d'un vocabulaire mathématique spécifique fournit aux élèves la possibilité de mettre en place une discussion efficace, permettant le passage vers une

[1]Université de Carthage. Faculté des sciences de Bizerte. TUNISIE.

interprétation mathématique de l’activité avec l’artefact et la construction de nouvelles connaissances mathématiques ?

2. Cadre Théorique

La théorie commognitive (TCM) élaborée par Sfard (2008) est une approche discursive qui définit les mathématiques comme un discours particulier, comme une activité de communication (Sfard, 2012). Selon cette approche, apprendre c’est être capable de participer à un discours déjà élaboré dans la sphère des experts. Ainsi, l’apprentissage des mathématiques est définit comme étant un développement du discours et comme une modification dans l’activité discursive.
La notion de communication efficace (effective communication) a été introduite par Sfard et Kieran (2001). Elle est identifiée lorsque « The different utterances of the interlocutors evoke responses that are in tune with the speakers meta-discursive expectations » (p.49) Cette notion a été utilisée par Nilsson et Ryve (2010) en focalisant sur la manière dont les projets individuels des étudiants constituent une composante importante dans leur collaboration dans le cadre d’un travail en groupe. Nilsson et Ryve (2010) proposent une approche analytique centrée sur l'analyse des projets focaux (PF) des interlocuteurs et leur contextualisation, qui permet la conceptualisation et l’analyse d’une communication mathématiquement efficace. Dans un travail ultérieur, Ryve, Nilsson et Pettersson (2013) ont étudié la communication efficace dans un contexte universitaire et plus particulièrement dans le contexte de la résolution de problèmes en petits groupes. Ce travail a contribué à éclairer comment les étudiants lors d’une discussion collective arrivent à établir des focus interactionnels communs (common interactional foci) et à expliquer comment certains types d'utilisation des termes techniques et des médiateurs visuels aboutissent à la co-construction d’une communication efficace. Dans l’analyse des discussions, Ryve Nilsson et Pettersson (2013), identifient les (PF) individuels des étudiants du groupe. Le PF d'un étudiant fait référence au problème ou au projet dans lequel l'étudiant s'engage et qu’il interprète comme son obligation pour avancer dans son travail. Cependant, un projet peut être traité de différentes manières, et la façon dont un individu choisit de faire face à son PF dépend de la façon dont il contextualise ce projet, c'est-à-dire, dans quel contexte personnel et mental l'individu travaille afin de développer une compréhension du projet (Nilsson et Ryve, 2010)
Dans le cas des discussions collectives, nous considérons que l’enseignant joue un rôle important dans la mise en place de projets focaux collectifs susceptibles d’engager toute la classe. Il guide ainsi, le processus de construction des connaissances mathématiques. En fait, lors de la résolution d’un problème les élèves ont des interprétations différentes de la tâche proposée et ces interprétations, qui correspondent aux significations personnelles construites par les élèves, sont généralement différentes de l’interprétation mathématique visée par l’enseignant. Dans le cas de l’intégration d’un artefact technologique, les signifiés personnels des élèves sont étroitement liés à l’utilisation de l’artefact technologique pour accomplir la tâche et ces signifiés diffèrent généralement d’un élève à l’autre. Le rôle de l’enseignant est essentiellement de guider le processus d’élaboration et de l’évolution de différents types de signifiés ayant émergés suite à l’utilisation de l’artefact afin d’aboutir à la construction collective du signifié mathématique visé. Les discussions collectives orchestrées par l’enseignant constituent un contexte social favorisant la mise en place de focus interactionnels communs favorisant l’évolution des différents signifiés personnels des élèves, en vue d’aboutir à la construction de la signification mathématique visée.
Pour l’analyse des discussions, la théorie commognitive (TCM) élaborée par Sfard (2008) fournit des concepts théoriques permettant l’étude du processus de développement de projets interpersonnels étroitement liés et établir une discussion efficace. Selon la TCM, le discours mathématique comme tout autre discours est caractérisé par :

- **Un vocabulaire spécifique** relatif à l'utilisation de la terminologie mathématique (comme la «topologie») ainsi que des mots ordinaires avec un sens spécifique en mathématiques (comme «limite», «ouvert», «continu» et «groupe»).

- **Les médiateurs visuels** tels que les graphiques, les diagrammes et les symboles algébriques et numériques.
- **Les récits validés** qui comprennent des textes écrits ou oraux décrivant les objets et les processus ainsi que les relations entre eux et qui sont soumis à la validation, à la modification ou au rejet selon des règles définies par la communauté (définitions, théorèmes et preuves).
- **Les routines** comprennent les pratiques régulièrement utilisées et bien définies par la communauté (telles que la définition, la conjecture, la preuve, l'estimation, la généralisation et l'abstraction). Sfard (2008) élabore trois types de routines: les actions (deeds), les explorations (explorations) et les rituels (rituals) (pp. 223-245).

Selon la TCM, le discours mathématique comporte une infinité de transitions entre un signifié mathématique et ses différentes réalisations. Ces réalisations sont des entités perceptibles qui peuvent être vocales ou visuelles (symboles, mots, …) et qui renvoient au signifié mathématique. Nous pouvons citer comme exemple le signifié mathématique « fonction » et ses différentes réalisations "graphe", "formule algébrique" … Sfard (2008) souligne l'importance des images d'objets mathématiques pour permettre aux élèves de développer des projets interpersonnels étroitement liés. Elle considère que dans le discours mathématique, les médiateurs visuels sont des artefacts symboliques qui constituent le discours (tels que des expressions algébriques, des tableaux, etc.).

Dans notre travail, nous cherchons à identifier la façon dont les médiateurs visuels affectent la communication à partir du rôle qu'ils jouent dans le développement de projets focaux communs lors des discussions collectives.

D'autre part, Sfard (2008) souligne que le même médiateur visuel peut être appréhendé de différentes manières par différents individus. Dans une telle perspective, l'utilisation de termes mathématiques pour attirer l'attention des élèves sur les caractéristiques critiques est soulignée comme étant cruciale (par exemple, Ryve, Nilsson & Mason, 2012 ; Wertsch, 2007 ; Wertsch & Kazak, 2011). Dans ce travail, nous étudions comment l'enseignant utilise les médiateurs visuels et un vocabulaire mathématique spécifique afin de mettre en place des projets focaux collectifs et comment cela affecte l'établissement d'une communication efficace.

3. **Présentation de la séquence d'enseignement**

3.1 Présentation et objectif de l'activité proposée

L'objectif de l'activité proposée est d'introduire la notion d'arc orienté et de sa mesure à traves l'utilisation de l'idée intuitive d'enroulement de la droite des réels sur le cercle trigonométrique. Pour cela, le choix a été de faire appel à l'environnement Cabri qui fournit une expérience qualitative de l'idée de l'enroulement. L'activité proposée utilise **« la situation poulie[2] »**. Cette situation constitue une modélisation, dans l'environnement Cabri géomètre, d'une poulie et d'une ficelle enroulée autour de cette poulie. L'objectif initial de l'activité proposée aux élèves est d'explorer comment mesurer un arc de cercle.

Dans l'activité Le plan est considéré implicitement orienté par le choix du sens de l'enroulement de la ficelle autour de la poulie (le sens positif étant celui de l'enroulement). La tâche proposée est la suivante :

Placez un point N sur la poulie telle que la longueur de l'arc d'extrémités I et N soit égale à 3.

---

[2] La situation « A rope on a wheel » a été construite par Genevès (Genevès, Laborde et Soury-Lavegne, 2005) au sein de l'équipe I.A.M de l'Université Joseph Fourier dans le cadre du projet européen V.I.M : The Virtual envIronment for experiencing Mathematics http://vim.sis-piemonte.it.

1/ Qu'elle est la longueur de la ficelle nécessaire pour que le point N soit atteint pour la première fois? Quelle est la longueur nécessaire pour atteindre N pour la deuxième, puis pour la cinquième fois ? Conclure.
2/ Choisissez on choisi un réel x négatif. Peut-on placer sur le cercle un point N qui correspond à ce réel? Expliquez

3.2 Mise en place de la séquence

La séquence a été mise en place dans une classe de 16 élèves de 2e année (16-17 ans) d'un lycée secondaire de la région de Bizerte, en Tunisie. La séquence a eu lieu dans un laboratoire d'informatique où les élèves étaient placés par binômes. Chaque binôme utilise un ordinateur et est amené à produire une réponse commune. Signalons que les élèves expérimentés ont une certaine familiarité avec l'utilisation de logiciels dans la classe notamment le logiciel Cabri.
Différents types de données ont été recueillies (les productions des élèves, les fichiers Cabri, les rapports individuels, les enregistrements audio des différentes phases de travail et les rapports des observateurs). Les analyses qui suivent sont basées essentiellement sur les transcriptions des enregistrements audio, relatives aux phases de discussions collectives.

4. **Analyse des actions discursives de l'enseignant**

La phase de discussion collective a été initié par l'enseignant suite à une phase de travail par binômes pendant laquelle les élèves ont utilisé l'environnement Cabri et la situation poulie afin d'accomplir les taches proposées. Pendant cette phase les élèves ont expérimenté avec la situation poulie l'enroulement de la droite des réels autour du cercle trigonométrique afin d'identifier que tout point sur le cercle trigonométrique peut être atteint plusieurs fois à travers l'enroulement. L'objectif de la phase de discussion collective est d'introduire la notion de mesure d'arc orienté.
L'analyse des interventions de l'enseignant lors de cette phase a montré que l'enseignant s'appuie sur l'expérience de l'enroulement pratiquée par tous les élèves afin de les guider à construire les connaissances visées relatives à la notion de mesure d'arc orienté.
L'enseignant a commencé la phase de discussion collective à travers une explicitation de son (projet focal) qui consiste à une demande de synthèse suite à l'activité avec l'artefact. L'objectif de ce PF est l'initiation du processus de décontextualisation et de généralisation.
Dans ses interventions l'enseignant fait référence directe à l'activité avec l'artefact. « *à la suite de ces deux activités* » « *comment vous avez choisi le réel ?* » ce qui constitue une volonté à identifier les différentes significations personnelles construites par les élèves et reliées à l'utilisation de l'artefact. Les réponses des élèves montrent leur engagement dans le processus de généralisation. En effet, leurs interventions relèvent de la mise en place de connections entre le contexte de l'artefact et le contexte mathématique.
Lors de l'évolution de la discussion collective nous avons pu identifier un nouveau projet focal de l'enseignant qui consiste à introduire l'idée de l'existence de plusieurs mesures d'un même arc orienté qui diffèrent à 2π près. Dans cet objectif, l'enseignant s'appuie sur l'activité avec l'artefact pour amener les élèves à se rendre compte de l'existence de plusieurs mesures de l'arc orienté IM. Ceci apparait dans l'extrait suivant :

45. ***Prof :*** *le point N on a trouvé qu'on peut l'atteindre une première fois, une deuxième fois et même plusieurs fois…alors on peut conclure qu'il y a plusieurs mesures.*
46. ***Mohamed*** *: la longueur de l'arc I N ?*
47. ***Ikbel*** *: Non. si on atteint N pour la deuxième fois c'est un tour plus la mesure de l'arc I N et si on fait n fois ça donne (n – 1)P + 3.*

48. ***Nour** : non la longueur de l'arc I N égale 3 et si on fait un tour c'est la même longueur d'arc et on ajoute le périmètre… c'est-à-dire un tour…6,28*
49. ***Sabrine** : oui la mesure le l'arc I N est toujours trois, c'est la ficelle enroulée qui change de longueur.*
50. ***Prof** : au départ vous avez considéré une mesure de l'arc I N égale à trois. Si vous faites un tour et vous revenez à N vous avez une autre mesure de l'arc I N qui est augmentée du périmètre c'est-à-dire 3 + P ou 3 + 2pi.*
51. ***Sabrine** : ce n'est pas le même arc. On a ajouté un tour de cercle la mesure change…l'arc change I N plus un tour de cercle*
52. ***Mohamed** : on revient au même point N… on fait un tour et on revient au même point donc c'est le même arc I N.*
53. ***Khaled** : la mesure de l'arc I N c'est toujours inférieur à un tour, inférieur à deux pi.*
54. ***Prof :** pour éclairer tout ça, est ce que vous pouvez m'expliquer ce que vous avez fait dans l'activité.*
55. ***Khaled** : on a placé un point N du cercle…mesure de l'arc I N égale 3.*
56. ***Prof.** :oui et ensuite.*
57. ***Khaled** : on a enroulé la ficelle…on a fait un tour et on a touché N pour la deuxième fois puis pour la cinquième fois on a fait quatre tours et on revient à N.*
58. ***Prof :** lorsque vous avez atteint N pour la deuxième fois c'était quoi la longueur de la ficelle enroulée ? …pour atteindre N une deuxième fois.*
59. ***Alaa** : le périmètre plus la mesure de l'arc I N.*
60. ***Mohamed :** la longueur de la ficelle enroulée est 3 + P égale 3 + 6,28.*
61. ***Prof :** cette longueur de la ficelle nous a permis de faire un tour et de revenir au même point M'. Cette longueur de la ficelle constitue une autre mesure du même arc orienté I M'puisque vous avez fait un tour complet et vous êtes retourné au même point M'…. Lorsque vous avez atteint N pour la cinquième fois qu'elle était la longueur de la ficelle enroulée ?*

Dans son intervention [45] l'enseignant s'appuie sur l'idée de l'enroulement expérimentée avec la situation poulie afin d'introduire la notion de « mesure » de l'arc orienté et l'idée de l'existence de plusieurs mesures. Cette intervention fait apparaitre l'utilisation du terme « mesure » qui est associé à la notion d'arc alors que les élèves son habitués à utilisé la notion de longueur d'un arc géométrique. Ceci explique l'intervention de Mohamed [46]

Les interventions [46], [47], [48] et [49] attestent que les élèves sont attachés à la notion d'arc géométrique et à l'unicité de sa longueur positive.

L'analyse de cet extrait fait apparaitre que les interventions de l'enseignant et des élèves relèvent de deux domaines différents. L'enseignant fonctionne dans un plan orienté et interprète la longueur de la ficelle enroulée comme une mesure de l'arc orienté d'origine I et d'extrémité N. Cependant, Les élèves fonctionnent dans le domaine géométrique dans un plan non orienté et distinguent entre l'arc géométrique d'extrémités I et N et l'arc qui résulte de l'enroulement de la ficelle autour de la poulie afin d'atteindre l'extrémité N plusieurs fois. Nous supposons que la notion d'arc géométrique constitue un obstacle à la notion de d'arc géométrique chez les élèves. C'est le problème de passage de la géométrie non orienté à la géométrie orienté.

Pour expliciter son projet focal et permettre aux élèves de s'engager dans ce projet pour en faire un projet commun, l'enseignant fait appel à des médiateurs visuels ainsi qu'un vocabulaire spécifique. D'une part il utilise des médiateurs visuels et un vocabulaire contextualisé étroitement lié à l'activité avec l'artefact en particulier à l'activité de l'enroulement de la ficelle autour de la poulie. D'autre part, l'enseignant introduit les termes mathématiques relatifs à la notion de mesure d'arc orienté comme le terme « mesure de l'arc » ou « plusieurs mesures ». Cette articulation entre ces deux types de vocabulaires permet à l'enseignant de fait un retour vers expérience pratiquée par tous les élèves avec la situation poulie pour d'abord étendre la métaphore au delà

de la longueur de la ficelle et passer à la droite des réels en explicitant l'interprétation de la droite des réels comme ficelle enroulée et par la suite introduire la notion de mesure d'arc orienté..
L'analyse de la discussion collective fait apparaitre que la partie de la ficelle enroulée fonctionne comme un médiateur visuel renvoyant à la mesure de l'arc orienté. De même, l'expression « l'arc I N » est un médiateur visuel qui peut renvoyer soit à l'arc géométrique d'extrémités I et N, soit à l'arc orienté d'origine I et d'extrémité N. Cette variation au niveau de l'interprétation du médiateur visuel « l'arc IN » a constitué une source de difficulté pour l'introduction de la notion d'arc orienté et de sa mesure. Ce qui rejoint l'idée de Sfard (2008) que le même médiateur visuel peut être scanné de différentes manières par différents individus.

Conclusion

En nous basant sur l'approche analytique de Nilsson et Ryve (2010) et sur les concepts de l'approche commognitive de Sfard (2008), ce travail est rend compte de l'importance de l'utilisation des médiateurs visuels et d'un vocabulaire mathématique associé pour l'élaboration d'une communication efficace. En fait, les médiateurs visuels permettent à l'enseignant d'établir un projet focal commun à toute la classe et ce projet est explicité à travers l'utilisation d'un vocabulaire spécifique qui est relatif à l'activité avec l'artefact et qui permet de faire le lien avec la notion mathématique visée. Ainsi qu'un vocabulaire mathématique relatif à la notion de mesure d'un arc orienté. Le rôle de l'enseignant est crucial dans l'orientation des discussions collectives vers l'efficacité visée.

Références bibliographiques :

Abboud-Blanchard, M., & Vandebrouck, F. (2012). Analysing teachers' practices in technology environments from an Activity Theoretical approach. *The International Journal for Technology in Mathematics Education, 19*(4), 159–164.

Kieran, C. (2001). The mathematical discourse of 13-year-old partnered problem solving and its relation to the mathematics that emerges. *Educational Studies in Mathematics*. 46, 187–228.

Khalloufi-Mouha, F. (2009). *Etude du processus de construction du signifié de fonction trigonométrique chez des élèves de 2ème année section scientifique*. Unpublished PhD thesis, Université de Tunis.

Monaghan, J. (2004). Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *The International Journal of computers for mathematical learning, 9*, 327–357.

Nilsson, P. & Ryve, A. (2010) Focal event, contextualization, and effective communication in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 241–258.

Osman, K., Chu Hiong, L. & Vebrianto, R. (2012) 21st Century Biology: An Interdisciplinary Approach of Biology, Technology, Engineering and Mathematics Education. *6th International Forum on Engineering Education 2012* (IFEE 2012)

Ryve, A. (2006) Making explicit the analysis of students' mathematical discourses: Revisiting a newly developed methodological framework. *Educational Studies in Mathematics, 62,* 191–210.

Ryve, A., Nilsson, P. & Mason, J. (2012). Establishing mathematics for teaching within classroom interactions in teacher education. *Educational Studies in Mathematics*, *81(1)*, 1–14.

Ryve, A., Nilsson, P., & Pettersson, K. (2013) Analyzing effective communication in mathematics group work: The role of visual mediators and technical terms. *Educational Studies in Mathematics*, *82*, 497–514.

Sfard, A. (2001) There is more to the discourse than meets the ears: Looking at thinking as communication to learn more about mathematical learning. *Educational Studies in Mathematics, 46,* 13–57.

Sfard, A. & Kieran, C. (2001) Cognition as communication: Rethinking learning-by-talking through multi-faceted analysis of students' mathematical interactions. *Mind, Culture, and Activity*, *8*, 42–76.

Sfard, A. (2008) *Thinking as communicating: Human development, development of discourses, and mathematizing*. New York, NY: Cambridge University Press.

Sfard, A. (2012) Introduction: Developing mathematical discourse—Some insights from communicational research. *International Journal of Educational Research* Volumes 51–52, 2012, Pages 1-9.

Wertsch, J. V. (2007) Mediation. In H. Daniels, M. Cole, & J. V. Wertsch (Eds.), *The Cambridge companion to Vygotsky* (pp. 178–192). Cambridge: Cambridge University Press.

Wertsch, J. V., & Kazak, S. (2011) Saying more than you know in instructional settings. In T. Koschmann (Ed.), *Theorizing learning practice* (pp. 134–167). New York: Springer.

TIC, INNOVATION PEDAGOGIQUE ET PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT

Usages co-créatifs des TIC dans l'enseignement des mathématiques : effets sur l'apprentissage des futurs enseignants

Mohammed MASTAFI[1]

Résumé

L'objectif de l'étude présentée partiellement dans cet article est d'étudier les effets de l'usage créatif du logiciel Geogebra, dans un contexte d'apprentissage coopératif, sur les performances des futurs enseignants du préscolaire et primaire. L'échantillon de l'étude se compose de 65 étudiants répartis en quatre groupes. Deux groupes expérimentaux ont subi un enseignement dispensé à l'aide du logiciel Geogebra et deux groupes témoins ont suivi un enseignement sans aucun logiciel mais selon deux approches pédagogiques (coopérative et transmissive) différentes. Un prétest est organisé avant l'expérimentation et qui a servi à la répartition des étudiants. Les données quantitatives ont été recueillies à l'aide de deux post-tests et un post-test-bilan organisés respectivement au cours et après l'expérimentation. L'analyse ANNOVA et le test de Tukey indiquent que l'enseignement intégrant le logiciel Geogebra et mobilisant une approche pédagogique active (coopérative) avec un engagement des apprenants dans un processus d'usage créatif de Geogebra a permis l'amélioration des performances et la capacité d'acquisition des étudiants par rapport à ceux des trois autres groupes. Les résultats révèlent que les effets de l'utilisation de Geogebra dans un contexte pédagogique transmissif restent limités sur l'amélioration des performances et des connaissances des étudiants.

Mots clés : Usage créatif des TIC, Geogebra, géométrie dans l'espace, futurs enseignants du primaire, pédagogie coopérative

1. Introduction et problématique

Dans le contexte français, la formation des futurs enseignants du préscolaire et du primaire est qualifiée de polyvalente et elle est répartie sur plusieurs unités d'enseignement dont les connaissances mathématiques représentent une grande importance. Or, comme c'est le cas dans plusieurs pays, les futurs enseignants du préscolaire et du primaire en France sont issus de champs disciplinaires différents et la majorité d'entre eux avaient suivi un cursus relevant des sciences humaines et sociales.

En fait, pour devenir professeur des écoles en France, la réussite au concours est une étape obligatoire qui suppose de bonnes connaissances, à la fois pratiques et théoriques. Pour se préparer à ce concours et être accompagnés dans leur entrée dans le monde professionnel, les étudiants intègrent le cycle de master métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) au sein de l'École Supérieurs du Professorat et d'Éducation (ESPE). Au cours des deux années de master, les futurs enseignants bénéficient d'une formation qualifiée de polyvalente dont

[1]Laboratoire Apprentissage, Didactique, Evaluation, Formation (ADEF), Université Aix Marseille

les mathématiques et sa didactique représentent une part importante. Ces dernières années, les questions relatives à la formation des futurs enseignants suscitent de plus en plus l'intérêt des chercheurs et des formateurs. Ces préoccupations prennent, plus d'ampleur lorsqu'il s'agit de la formation en mathématiques des futurs enseignants du primaire.

Comme enseignant de mathématiques et sa didactique, nous étions soucieux d'offrir à nos étudiants, futurs enseignants du préscolaire et du primaire, un environnement pédagogique favorable non seulement à l'émergence des compétences professionnelles requises mais aussi à l'acquisition des connaissances disciplinaires en mathématiques. Nous avons donc choisi d'orienter notre approche pédagogique, à chaque fois qu'il est possible, vers un apprentissage basé sur l'intégration d'environnement d'apprentissage dynamique. Notre intérêt pour cette approche réside dans le fait que, à de nombreuses reprises, nous avons observé que les étudiants, futurs enseignants du préscolaire et du primaire éprouvaient des difficultés d'apprentissage des mathématiques.

Toutefois, les mathématiques peuvent être considérées comme une matière difficile que ce soit dans son apprentissage comme dans son enseignement. Apprendre les mathématiques implique la compréhension des théories et des formules pour décrire des objets éventuellement abstraits. En général, pour un grand nombre des futurs enseignants du primaire, les mathématiques constituent une discipline difficile à aborder. En effet, plusieurs auteurs ont observé que les futurs enseignants du primaire rencontrent de nombreuses difficultés disciplinaires en mathématiques et ont une maîtrise inadéquate des connaissances mathématiques (Arsenault et Voyer, 2003 ; Morin, 2003 ; Morris, 2001).

Par ailleurs, l'enseignement des mathématiques est marqué de plus en plus par l'intégration des environnements d'apprentissage dynamiques qui nous permettent de créer des objets mathématiques et de les explorer visuellement et dynamiquement. Ce type d'environnement d'apprentissage est considéré comme étant celui dans lequel les apprenants peuvent visualiser, construire et manipuler des concepts mathématiques. Les environnements d'apprentissage dynamiques permettent aux apprenants d'agir mathématiquement et de rechercher les relations entre les objets qui ne seront pas aussi intuitifs dans l'environnement papier-crayon. Comme il a été noté par de nombreux auteurs (Hohenwarter et Jones, 2007 ; Güyer, 2008), actuellement, l'ordinateur est considéré comme un outil puissant et utile pour enseigner et apprendre les mathématiques en général et pour comprendre les concepts mathématiques en particulier.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse selon laquelle l'intégration pédagogique des environnements d'apprentissage dynamiques des mathématiques est susceptible de favoriser les performances mathématiques des étudiants. Plus particulièrement, il nous semble intéressant de mener une étude sur l'efficacité de Geogebra dans l'apprentissage des mathématiques pour voir dans quelle mesure l'utilisation de ce logiciel permet l'amélioration des compétences mathématiques des futurs enseignants du préscolaire et du primaire.

Le but de notre recherche est d'étayer l'affirmation selon laquelle un environnement d'apprentissage dynamique comme Geogebra permet aux apprenants de saisir un concept mathématique abstrait en créant ou en manipulant des objets mathématiques construits dans ces systèmes et en mettant en œuvre des habiletés de pensée critique. Plus particulièrement, nous étudions le rôle de l'usage co-créatif de Geogebra dans l'apprentissage des futurs enseignants. Nous comparons ce type d'usage avec l'usage passif de ce logiciel pour savoir dans quelles mesures la simple visualisation dynamique de certaines propriétés de la géométrie dans l'espace favorise la compréhension de ces objets mathématiques chez les futurs enseignants du primaire. Nous présentons dans cet article, les résultats partiels d'une recherche que nous avions menée récemment auprès des futurs enseignants du premier degré à l'école supérieur du professorat et d'éducation d'Aix Marseille université.

2. Contexte théorique

Au début nous jugeons très utile de définir quelques concepts importants pour notre recherche à savoir : créativité, usage créatif et usage co-créatifs des TIC.
Dans le contexte éducatif, le concept de la créativité est complexe. La créativité est considérée comme l'une des compétences clés du 21ème siècle (Romero, Lille, Patiño, 2017) et est définie comme la capacité de développer individuellement ou en équipe des processus ou des réalisations adaptés aux contextes dans lequel ils se produisent et qui ont les caractéristiques d'originalité, de précision et de pertinence (Capron-Puozzo, 2014). « *La créativité est donc de nature subjective et contextuelle, car elle est définie en lien aux relations entre le contexte, le sujet créatif et le groupe de référence qui juge de la créativité* » (Romero, Lille, Patiño, 2017, p.32). Le jugement de la créativité d'une réalisation dépend du contexte où il s'est produite et en changeant ce contexte, la même réalisation peut ne pas être jugée créative. De plus, souvent, la créativité est considérée comme une affaire individuelle (Sternberg et Lubart, 1995). Cependant, en contexte éducatif, face à des situations problèmes complexes les élèves auront besoin de collaborer pour produire des solutions pertinentes. Autrement dit, en éducation les processus et les réalisations créatifs peuvent être menés aussi de manière collaborative. On parle dans ce cas de la notion de co-créativité qui rassemble les facteurs de créativité et ceux de collaboration. La réalisation de production numérique peut se faire donc selon un processus créatif individuel (usage créatif des TIC) ou collaborative (usage co-créatif des TIC) (Romero, Lille, Patiño, 2017).
Au contraire, lorsque l'apprenant est placé dans un environnement d'apprentissage qui lui permet uniquement de visualiser des ressources numériques (vidéos, animations, images etc.) ou d'interagir avec certains éléments de cet environnement sans aucune réalisation de production, il sera dans une position de consommateur (Romero, Lille, Patiño, 2017).

Par ailleurs, depuis longtemps, en 1985, l'étude commanditée par la Commission Internationale pour l'Enseignement des Mathématiques (ICMI) sur le thème de l'influence de l'ordinateur et l'informatique sur les mathématiques a pu mettre en exergue trois dimensions d'influences à savoir : les effets sur les pratiques mathématiques, les effets sur les processus d'enseignement et d'apprentissage et les effets sur les curricula et la formation des enseignants (Cornu et Ralston, 1992). Si l'étude a bien mis en lumière les effets sur les mathématiques et ses pratiques, elle a considéré que l'influence sur l'enseignement et l'apprentissage reste limitée et bien moins claire (Artigue, 2008).
En se référant à l'approche anthropologique du didactique dans sa dimension de rapport aux objets mathématiques (Chevallard, 1992, 1999), Artigue (2008) considère que la compréhension de l'impact de l'usage des logiciels sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ne peut se faire en *« éparant les contenus des pratiques dans lesquelles ces contenus sont engagés* ». De plus, à partir de l'approche instrumentale (Rabardel, 1996) nous concluons que l'objet d'apprentissage (ce que nous apprenons) et la façon dont nous apprenons dépendent étroitement des artefacts mobilisés pour cet apprentissage. Autrement dit, les artefacts (logiciels) influent non seulement les pratiques d'enseignement mais aussi les contenus enseignés.
Au cours des deux dernières décennies, la littérature sur l'enseignement des mathématiques a recensé de nombreuses études montrant que l'accouplement de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) avec des méthodes pédagogiques appropriées permet l'amélioration et l'enrichissement du processus pédagogique des mathématiques (Yorganci, 2014). Dans ce sens, Romero et Laferrière (2015) précisent que les effets pédagogiques de l'usage passif des TIC où l'apprenant prend la position de consommateur restent très limités. Ces deux chercheuses attirent « *l'attention sur les usages pédagogiques des TIC permettant de développer la modélisation de connaissances au niveau individuel ou collaboratif pour que le potentiel des TIC comme outils cognitifs et métacognitifs* ». Pour cela, elles mettent l'accent sur l'importance du choix des usages pédagogiques des TIC qui engagent les apprenants dans un

processus de création de contenus numériques, de manière collaborative ou individuelle. En fait, pour elles, ce processus est considéré comme un processus de création de connaissance.
De plus, l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans une classe de géométrie a ouvert la voie à la recherche pour étudier l'impact de ce type de logiciel sur l'apprentissage des élèves. En effet, cet environnement d'apprentissage permet aux élèves de se pencher sur la relation entre les objets géométriques, de faire des conjectures à leur sujet et de les tester pour pouvoir prouver la vérité de leurs conjectures (Arzarello, Olivero, Paola et Robutti, 2002 ; Baccaglini-Frank et Mariotti, 2010 ; Guven, Cekmez et Karatas, 2010 ; Laborde, 2005).
Parmi ces environnements d'apprentissages dynamiques figurent les logiciels de géométrie dynamique comme Geogebra, cabri géomètre, géoplan-geospace etc. En particulier, le logiciel Geogebra attire l'attention sur le fait qu'il s'agit d'un environnement d'apprentissage important utilisé à tous les niveaux de l'enseignement. Geogebra est un logiciel utilisé en géométrie, algèbre et calcul (Hohenwarter, Kreis et Lavicza, 2008), et est utilisé comme un outil versatile pour visualiser et concrétiser des concepts mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007). Selon Hähkiöniemi (2017), Geogebra contribue à la compréhension des problèmes conceptuels et opérationnels chez les élèves et constitue un outil efficace dans l'enseignement des mathématiques fondé sur la recherche. Il combine les caractéristiques de différents logiciels de mathématiques, la facilité de son utilisation et sa gratuité sont parmi les raisons qui ont contribué à sa diffusion auprès des enseignants et chercheurs du monde entier (Diković, 2009). En ce sens, Geogebra a mérité l'obtention de plusieurs prix d'excellence au niveau national et international dont nous pouvons citer entre autres : le prix autrichien du logiciel éducatif (2003), le prix allemand des médias éducatifs « Trophées du Libre » (2004), le prix international du logiciel libre (2005), le prix de l'Association for Educational Communications and Technology (Orlando, USA) en 2008 etc.
De nombreuses recherches ont été menées pour étudier l'usage et les effets de plusieurs logiciels de mathématiques comme Logo, Geometer's Sketchpad, Cabri, Derive, Mathematica, Scientific WorkPlace. Au cours des dernières années, un certain nombre d'études se sont intéressées à l'étude du logiciel de mathématiques Geogebra (Vandebrouck, Robert, 2017 ; Reis, 2010 ; Gueudet, Vandebrouck, 2009 ; Kutluca et Zengin, 2011 ; Zengin, 2011 ; Tatar, 2012). Les logiciels éducatifs qui fournissent un environnement d'apprentissage visuel et efficace aux élèves deviennent de plus en plus performants au fur et à mesure que les améliorations technologiques se multiplient. Dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, la capacité des logiciels à établir une relation entre la géométrie et l'algèbre est devenue une valeur importante dans les programmes de mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007). Geogebra est l'un des logiciels qui intègrent les possibilités de la géométrie dynamique et de l'algèbre dans un même programme d'enseignement des mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007 ; Antohe, 2009).
De plus, les résultats d'autres études ont démontré que le logiciel Geogebra facilite la reconnaissance des relations entre les structures mathématiques en contribuant au processus de découverte des mathématiques et permet aux élèves de développer des attitudes positives en rendant l'enseignement et l'apprentissage plus agréables (Ardiç et Isleyen 2017 ; Dockendorff et Solar, 2018 ; Kutluca et Baki, 2009).
Pour cela, en France comme dans la plupart des pays occidentaux, les curriculums insistent souvent sur l'utilisation de méthodes interactives dans l'enseignement des mathématiques. Cependant, si un logiciel éducatif comme Geogebra pourrait être utilisé par la majorité des acteurs de l'enseignement, sans avoir de connaissances avancées en informatique et en programmation, nous comprenons que pour mettre en place ces méthodes, la première étape consiste à remplacer les figures statiques dessinées sur le tableau « noir » par des images dynamiques expliquant des phénomènes mathématiques.
Toutefois, si dans une salle de classe typique, le défi pour les élèves est d'explorer des problèmes complexes, il est encore plus complexe dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, où les enseignants doivent équilibrer l'utilisation des outils d'enseignement et

d'apprentissage mentaux, papier et numériques qui impliquent des concepts mathématiques abstraits difficiles à comprendre pour les élèves (Prieto, Sordo Juanena et Star, 2013). L'utilisation des environnements d'apprentissages dynamiques comme Geogebra influe sur le contenu et les objectifs de l'apprentissage, et constitue un moyen pour améliorer le processus d'enseignement et d'apprentissage (Voogt, 2008).

3. Méthodologie de recherche

Rappelons que l'objectif de la présente recherche est double, il consiste d'une part, à s'interroger sur les manières et l'impact de l'intégration du logiciel Geogebra sur les apprentissages des futurs enseignants du préscolaire et du primaire et d'autre part, à identifier dans quelle mesure la pédagogie coopérative favorise elle la réussite de cette intégration. Pour ce faire, nous avons adopté une approche méthodologique quasi-expérimentale. Ce modèle de recherche est conçu conformément au modèle de groupe témoin avant et après l'expérimentation (Buyukozturk, 2001). L'étude a été réalisée auprès de 65 étudiants de master MEEF de l'ESPE d'Aix Marseille Université, et porte sur l'enseignement des mathématiques. La séquence pédagogique proposée dans le cadre de notre étude concerne le cours de la géométrie dans l'espace et a été réalisée sur quatre heures réparties en deux séances de 2 heures chacune.

3.1. Participants

Notre échantillon est constitué de 65 stagiaires au total, initialement appartenant à trois groupes classe. Pour mener notre expérience, nous avons réparti ces étudiants en quatre groupes que nous noterons G1, G2, G3 et G4. Les deux groupes G1 et G2 sont des groupes expérimentaux constitués respectivement de 17 et 16 étudiants auxquels un enseignement assisté par Geogebra a été dispensé. Quant aux groupes témoins G3 et G4 sont constitués chacun de 16 étudiants et subissent un enseignement sans usage de Geogebra. Afin d'assurer l'homogénéité entre les quatre groupes, la répartition des étudiants a été faite sur la base de la note du prétest de diagnostic réalisé avant la mise en œuvre des expérimentations. En fait, dans un premier temps tous les étudiants ont été classés sur la base de cette note, dans un second temps ceux ayant plus ou moins le même classement ont été répartis en quadruples et enfin les quatre étudiants de chaque quadruple ont été partagés aléatoirement entre les quatre groupes G1, G2, G3 et G4.
Les étudiants des deux groupes expérimentaux G1 et G2 ont reçu lors des deux séances d'expérimentation un enseignement du cours de la géométrie dans l'espace intégrant le logiciel de mathématiques Geogebra et le logiciel de présentation *PowerPoint* mais en adoptant deux approches d'enseignement différentes. Le groupe G1 a subi un enseignement basé sur la pédagogie coopérative de groupes où les apprenants créent, de manière collaborative, leurs propres contenus numériques à l'aide de Geogebra. Les étudiants de ce groupe G1 ont préalablement été initiés à l'usage du logiciel Geogebra. Quant à l'enseignement dispensé au groupe G2 a été effectué en suivant la méthode expositive, basé sur la visualisation collective des animations crées préalablement en utilisant les logiciels Geogebra et Powerpoint.
Quant aux étudiants des deux groupes témoins G3 et G4 ont suivi un enseignement du même contenu de cours que leurs collègues des groupes G1 et G2, sans aucun usage des TIC, mais selon deux approches différentes. L'enseignement dispensé aux étudiants du groupe G3 a été effectué en suivant une méthode active (pédagogie coopérative), alors que les étudiants du groupe G4 ont été enseignés à l'aide d'une méthode purement expositive (Tableau 1).

Tableau 1 : Répartition des groupes selon les approches d'enseignement adoptées

G1	**G2**
Usages créatifs de contenu à l'aide de Geogebra + pédagogie coopérative	Visualisation collective de ressources numériques + PowerPoint + méthode expositive
Méthode active (pédagogie coopérative) sans usage des TIC	Méthode expositive sans usage des TIC
G3	**G4**

3.2. Instruments

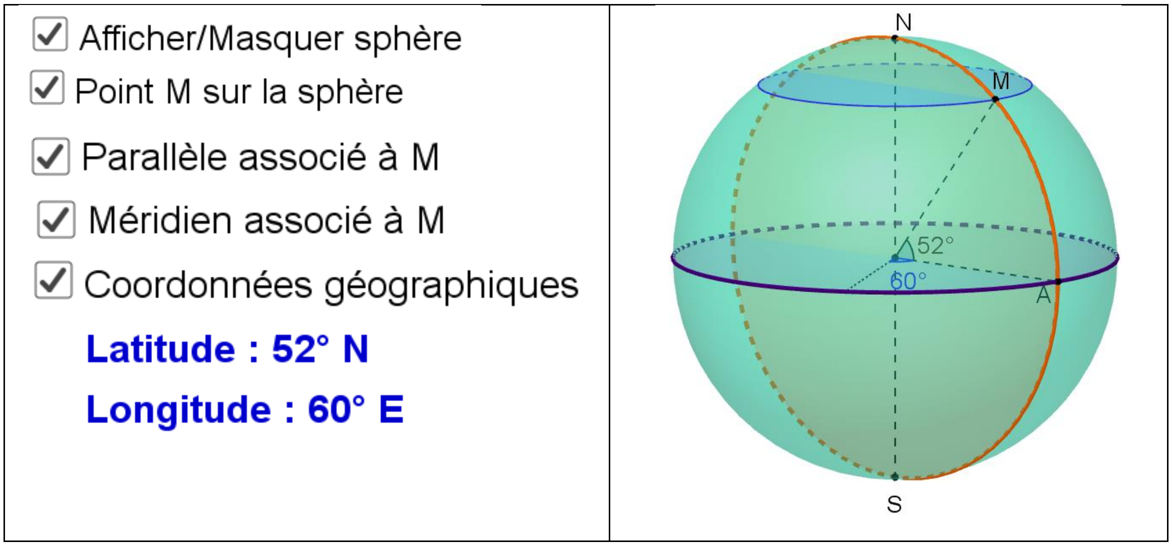
Pour atteindre, d'une manière aussi objective et complète, les objectifs de notre étude et de fournir une analyse descriptive de l'impact de l'usage des TIC dans l'enseignement-apprentissage des mathématiques ainsi que de comprendre, expliquer et analyser les liens qui peuvent exister entre l'usage des TIC de manière créative d'une part ou consommative d'autre part et le type de méthodes pédagogiques mises en œuvre, nous avons utilisé une multitude d'instruments de collecte de données. En fait, nous avons utilisé un prétest, un post-test après chaque séance d'apprentissage, une grille d'observation de classes, un test bilan global une semaine après la fin de l'expérimentation et un questionnaire après la dernière séance d'expérimentation. Cependant, dans le cadre de cet article nous ne présentons que les résultats relatifs aux tests.

Il convient de préciser que l'enseignement dispensé aux quatre groupes a porté sur le même contenu de cours de la géométrie dans l'espace et avait les mêmes objectifs. En fait, ce cours de la géométrie dans l'espace porte sur les notions de positions relatives des droites et des plans dans l'espace, l'orthogonalité d'une droite et d'un plan, l'orthogonalité de deux plans, les propriétés du parallélisme et d'orthogonalité, les solides et leurs propriétés, les représentations en perspective cavalière et le repérage dans l'espace.

Pour chacune des notions étudiées, nous avons préparé des travaux pratiques peu détaillés et permettant aux étudiants du groupe G1 de créer, de manière collaborative, leurs propres contenus numériques, sous forme d'animation, sous Geogebra. Nous avons aussi préparé préalablement des animations sous Geogebra à présenter (projeter) collectivement au groupe G2.

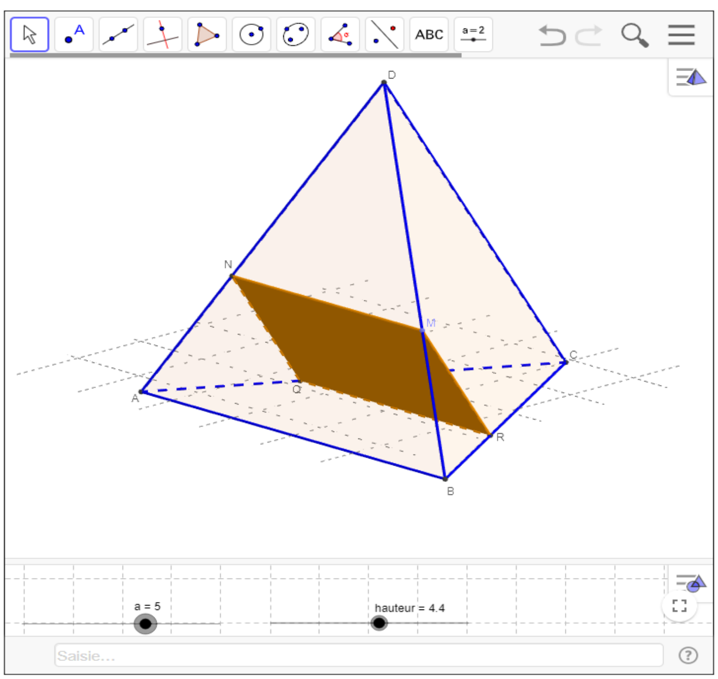
L'avantage de ces animations réside dans le fait qu'elles permettent, dans une grande mesure, de simuler la réalité grâce à la caractéristique de trois dimensions qu'offre le logiciel Geogebra. De plus, du fait qu'elles ne sont pas statiques, ces animations peuvent être manipulées dans différents sens et différentes positions, ce qui permet d'assurer une meilleure visualisation des objets dans l'espace. La figure 1 est l'un des exemples des animations crées par les étudiants sur la notion de repérage dans l'espace. En effet, pour se repérer sur la Terre, il faut croiser deux lignes imaginaires : un *parallèle* qui donne la *latitude* et un *méridien* qui donne la *longitude*. La latitude est la valeur de l'angle que l'on mesure entre un parallèle et le parallèle de référence, *l'Équateur*. La longitude est la valeur de l'angle que l'on mesure entre un méridien et le méridien de référence, *Greenwich*. La figure 1 montre que la latitude du point M. est de 52° N (Nord) et sa longitude est de 60°E (Est). Cette animation, comme le montre la figure 1, offre la possibilité d'afficher et masquer les différents éléments la constituant (méridiens, parallèles, Méridien de Greenwich, Équateur etc.) mais aussi elle permet de varier l'angle de vue de l'utilisateur, la position du point M de manière à varier ses coordonnées géographiques.

Figure 1 : repérage dans l'espace



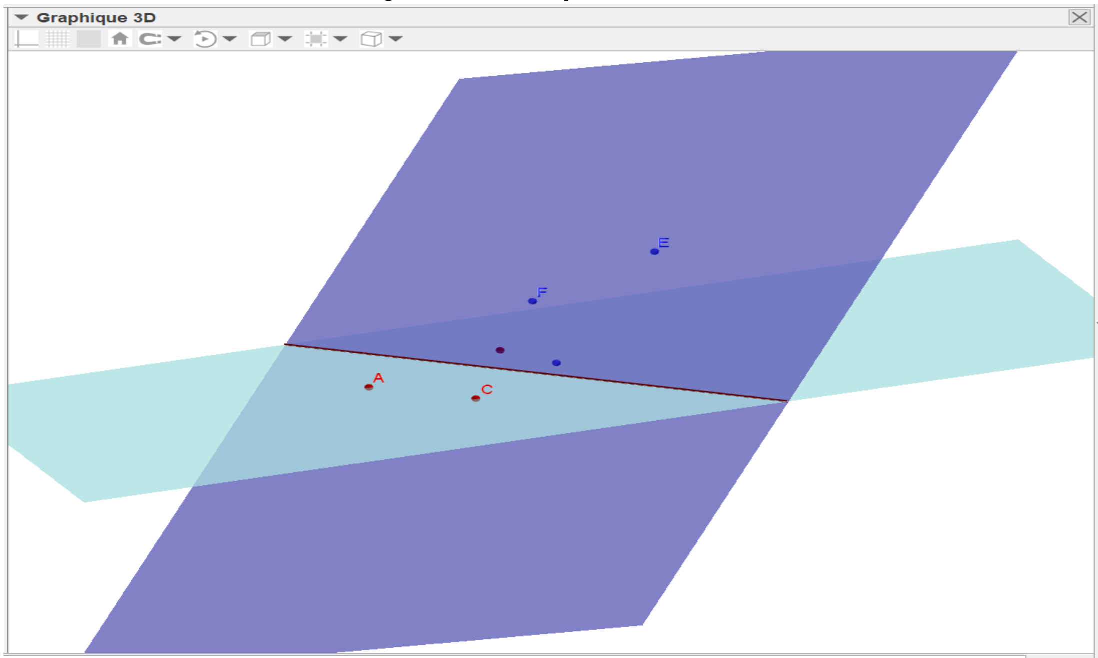
La figure 2 permet d'étudier la section d'un tétraèdre par un plan passant par un point et parallèle à deux arêtes. D'autres variantes de cette création ont permis l'étude de la section d'un tétraèdre par un plan quelconque.

Figure 2 : section d'un tétraèdre par un plan



La création illustrée dans la figure 3 a pour objectif d’étudier les positions relatives de deux plans. En particulier lorsqu’il s’agit de deux plans sécants. Les possibilités offertes par Geogebra permettent de paramétrer ces créations pour qu’elles soient dynamiques et visualisables dans l’espace sous différents angles de vue.

Figure 3 : deux plans sécants



■ *Prétest*

Le prétest avait pour objectif essentiel la vérification des prérequis des étudiants. Il a été développé sur la base d’une gamme de sujets mathématiques ayant un rapport avec le cours de la géométrie dans l’espace programmé pour les expérimentations. En outre, il a été également utilisé pour classer et catégoriser les étudiants en groupe.

■ *Post-tests*

Les post-tests, réalisés juste après les séances d’enseignement, étaient basés sur le contenu et les objectifs des enseignements dispensés lors des séances d’expérimentation. Chaque post-test se composait de deux exercices, le premier comprenait dix questions à choix multiples qui visaient l’évaluation du degré d’acquisition des connaissances de cours (Définitions, propriétés, théorèmes…), quant au deuxième exercice avait pour objectif d’évaluer le degré de compréhension en mettant en relation les différentes notions abordées.

■ *Test bilan*

À l’inverse des post-tests réalisés après chaque séance, le test bilan est réalisé une semaine après la fin des expérimentations et portait sur le contenu de cours enseigné lors des deux séances. Il a été constitué de trois exercices, le premier et le deuxième exercice avaient pour objectifs respectifs l’évaluation du degré d’acquisition des connaissances et de compréhension. Alors que le troisième exercice avait pour objectif l’évaluation de la capacité de mobilisation de plusieurs compétences en même temps (évaluation sommative).

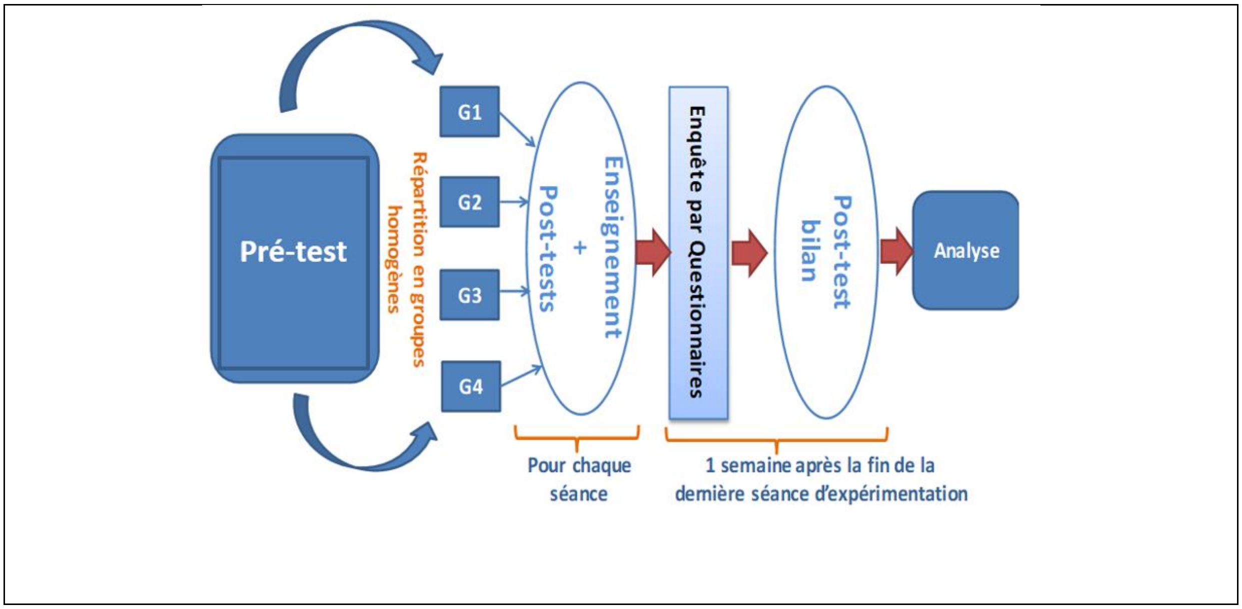
En fait, tous ces tests visaient à déterminer la performance des étudiants avant et après l'expérience. Pour assurer la validité de leur contenu, ces tests ont été développés, en se référant au contenu des cours dispensés ainsi qu'aux niveaux de performances à mesurer. En fait, ces tests ont été développés en concertation avec des collègues enseignants/formateur expérimentés et spécialisés en mathématiques et sa didactique, en sciences de l'éducation et en TICE. Chaque test a été noté sur 80 points et si un étudiant a répondu correctement à tous les éléments, un score maximal de 80 points était possible.

3.3. Conception et procédure de la recherche

Les futurs enseignants du préscolaire et du primaire seront amenés dans leurs vies professionnelles à enseigner de nombreuses notions de la géométrie dans l'espace à leurs élèves. Par conséquent, ils sont appelés à maîtriser les notions en rapport avec le parallélisme, l'orthogonalité et le repérage dans l'espace ainsi que les notions de volume, d'aire, de patrons, de sections et de réduction de différents solides (cube, parallélépipède, cône, prisme, cylindre, tétraèdre, etc.). Le choix de la géométrie dans l'espace comme objet d'enseignement pour notre expérimentation a été basé sur plusieurs critères à savoir son importance dans la formation des futurs enseignants, le niveau des difficultés qui accompagnent son enseignement et son apprentissage ainsi que la richesse des notions de son contenu.
Les séances d'apprentissage réalisées lors de la présente étude avaient pour objectifs l'étude de la coplanarité des droites, des positions relatives des droites et des plans dans l'espace, de l'orthogonalité d'une droite et d'un plan, de l'orthogonalité de deux plans et les propriétés du parallélisme et d'orthogonalité, le repérage dans l'espace et les volumes des solides dans l'espace. Chaque groupe d'étudiants témoins et expérimentaux a reçu l'enseignement du même contenu mais selon quatre approches différentes. Pour cela, différents scénarios pédagogiques ont été développés.
Pour les étudiants du groupe expérimental G1, la pédagogie coopérative, entant que méthode d'enseignement active centré sur l'apprenant, a été adoptée. Les étudiants de ce groupe ont été répartis en petits groupes hétérogènes de trois étudiants chacun (sauf un sous-groupe a été constitué de 2 étudiants). Pour chacune des séances d'enseignement dispensées à ce groupe, un scénario pédagogique intégrant les TIC a été préparé. En fait, le déroulement de chaque séance est basé sur des travaux pratiques sur ordinateur et utilisant le fameux logiciel de la géométrie dynamique Geogebra. Les étudiants de chaque petit groupe ont travaillé ensemble sur un même ordinateur dont le logiciel Geogebra est préinstallé. Quant aux guides des travaux pratiques (TP) à réaliser ont été distribués au format papier. Dans ce type d'approche, les apprenants sont responsables et acteurs de leurs apprentissages alors que l'enseignant a pour rôle d'accompagnateur, facilitateur et peut intervenir à chaque fois qu'il juge nécessaire pour guider ses étudiants. Les étudiants de ce groupe avaient pour mission, pour chaque TP, la création de l'animation correspondante et de répondre aux questions préparant la voie à l'étude des propriétés qui en découlent.
Quant aux étudiants du groupe expérimental G2 ont subi un enseignement basé sur une méthode expositive. En fait, les étudiants de ce groupe n'ont travaillé sur aucun ordinateur et l'enseignant a fait usage de son propre ordinateur pour projeter des animations et des simulations dynamiques pour enrichir son cours, renforcer son explication et illustrer les notions qu'il a abordées. Trois stratégies sont ainsi mobilisées à savoir l'exposition des notions de cours, la discussion et l'échange de questions.
Les étudiants du groupe témoin G3, tout comme leurs collègues du groupe G1, ont été répartis en petits groupes hétérogènes de deux ou trois étudiants chacun. La pédagogie coopérative a été aussi adoptée pour l'enseignement de ce groupe mais, sans usage de Geogebra ou autres outils numériques. Dans le but d'illustrer réellement les notions de cours et les objets géométriques dans l'espace, les scénarios pédagogiques utilisés ont été basés sur la réalisation des activités

manuellement à l'aide du papier cartonné. En fait, les membres de chaque sous petit groupe du groupe G3 coopèrent et collaborent entre eux dans la réalisation de chaque activité.
Quant aux étudiants du groupe témoin G4, ils ont subi un enseignement « traditionnel ». La méthode adoptée est purement expositive dite aussi transmissive. Ni outil informatique, ni objets géométriques réels n'ont été utilisés, que ce soit par l'enseignant ou par les étudiants. L'illustration de différentes notions abordées dans le cours a été faite à l'aide de dessins produits manuellement sur le tableau et sur les cahiers des étudiants. Les scénarios mis en œuvre pour ce groupe étaient basés essentiellement sur l'exposition des notions de cours, la discussion et l'échange de questions.
À la fin de chaque séance d'enseignement un test (post-test) de trente minutes a été réalisé et une semaine après la fin des expérimentations un test bilan (de contrôle) a été organisé simultanément pour tous les groupes témoins et expérimentaux (Figure 4).

Figure 4 : Conception et procédure de l'expérimentation



3.4. Méthodes d'analyse des données

Rappelons que la présente recherche est quasi-expérimentale. Elle visait d'une part, d'étudier l'impact de l'usage des TIC sur l'amélioration des apprentissages des futurs enseignants du préscolaire et primaire et d'autre part de vérifier dans quelle mesure la pédagogie coopérative favorise-t-elle l'intégration de ces technologies. Pour cela, nous nous sommes intéressés à la comparaison des scores (moyennes) obtenus par les quatre groupes dont chacun d'eux a subi un mode d'enseignement spécifique. Puisque l'analyse consiste à tenter de vérifier l'influence d'une variable explicative qualitative (mode d'enseignement) sur une variable dépendante quantitative (la variation des moyennes des post-tests) et puisque les quatre échantillons (4 groupes) sont de mêmes effectifs, nous avons préféré d'utiliser l'analyse de la variance (ANOVA). En fait, en présence de ces conditions, ANOVA est assez peu sensible aux prémisses relatives à la non-normalité des populations étudiées et à l'hétérogénéité des variances. Pourtant, le test d'homogénéité des variances (tableau 2) montre bien que le test de Levene n'est absolument pas significatif. En fait, la dernière colonne du tableau 2 montre que la signification de ce test est largement supérieure au seuil (p>0,05). Il en résulte qu'on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des variances. Autrement dit, elles sont considérées semblables et par conséquent l'analyse d'ANOVA convient parfaitement.

Tableau 2 : Test d'homogénéité des variances

	Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
Post-test 1 (après sénace1)	1,371	3	81	,258
Post-test 2 (après séance 2)	,509	3	81	,677
Test-bilan (à la fin de l'expérimentation)	1,057	3	81	,372

Ainsi, à l'aide du logiciel de statistique SPSS, les moyennes des post-tests ont été calculées et comparés pour chaque groupe et l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) a été utilisée pour étudier l'existence de différences significatives dans les performances des étudiants des groupes témoins et expérimentaux. En plus, dans le but d'identifier entre quels groupes ces différences sont significatives, le test ANOVA avec des mesures répétées a été appliqué. À ce propos, nous rappelons que l'analyse de la variance ANOVA vise à comparer les moyennes sur plusieurs échantillons en testant l'hypothèse nulle H0 selon laquelle tous ces échantillons ont la même moyenne.

4. Présentation et analyse des résultats principaux

Les statistiques descriptives des résultats des post-tests et du test-bilan sont données respectivement par les tableaux 3 et 4. Le tableau 3 décrit, pour chaque groupe, la moyenne des scores des deux post-tests. La principale constatation que nous pouvons faire d'après l'analyse de ce tableau est que les meilleurs scores (55,06 et 47,68 sur 80 points) ont été obtenus respectivement par les étudiants du groupe G1 ayant subi un enseignement mettant en œuvre une pédagogie coopérative intégrant un usage créatif des TIC et ceux du groupe G3 qui ont subi un enseignement mettant en œuvre également la pédagogie coopérative, mais sans utiliser les TIC. Les scores les plus faibles 42,86 et 34,94 sur 80 points, ont été obtenus respectivement par les étudiants du groupe G2, ayant suivi un enseignement transmissif faisant appel à un usage passif des TIC, et ceux du groupe G4 qui ont subi un enseignement purement traditionnel transmissif et sans usage d'aucune technologie. La moyenne des performances des quatre groupes est de 45,25 points sur 80.

Tableau 3 : Répartition des moyennes des 2 post-tests selon les groupes expérimentaux et témoins

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>N</th><th>Moyenne</th><th>La statistique F</th><th>Signification</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Moyenne des deux post-tests pour chaque groupe</td><td>G1</td><td>17</td><td>55,06</td><td rowspan="5">19,079</td><td rowspan="5">0,0000*</td></tr>
<tr><td>G2</td><td>16</td><td>42,86</td></tr>
<tr><td>G3</td><td>16</td><td>47,68</td></tr>
<tr><td>G4</td><td>16</td><td>34,94</td></tr>
<tr><td>Total</td><td>65</td><td>45,25</td></tr>
</table>

Si le classement des groupes, en termes de performances, obtenu pour les post-tests reste aussi valable pour le test-bilan, réalisé une semaine après les expérimentations, les résultats montrent que le niveau de performance a généralement baissé pour l'ensemble des groupes témoins et expérimentaux (tableau 4).
Selon la valeur très significative de la statistique F, que ce soit pour les post-tests (F=19,079, p<0,000000*, ddl=3) ou le test-bilan (F=12,715, p<0,000000*, ddl=3), l'hypothèse H_0, selon laquelle les moyennes des tests sont semblables pour les quatre groupes est à rejeter et par conséquent la différence entre les groupes est très significative. Ainsi, on peut conclure que le mode d'enseignement adopté influence très significativement l'apprentissage des élèves.

Tableau 4: Moyenne des scores des élèves obtenus dans le test bilan selon les quatre groupes

		N	Moyenne	La statistique F	Signification
Moyenne des Scores des élèves pour le test bilan (réalisé une semaine après l'expérimentation)	G1	17	49,73	12,715	0,0000*
	G2	16	39,05		
	G3	16	43,62		
	G4	16	27,5		
	Total	65	40,10		

Par ailleurs, pour savoir dans quelle mesure les groupes expérimentaux (G1 et G2) présentent un écart significatif vis-à-vis des groupes témoins (G3 et G4), nous avons utilisé le test de Tukey qui consiste à comparer chaque paire de moyennes. L'analyse du tableau de comparaisons multiples (tableau 5) montre que les étudiants du groupe expérimental G1, ayant suivi un mode d'enseignement basé sur une pédagogie active (coopérative) basée sur des travaux pratiques à l'aide du logiciel de géométrie dynamique Geogebra présente des différences très significatives (p<0,0000000001), en matière de performances mathématiques, par rapport à ceux du groupe témoin G4 qui ont subi un mode d'enseignement purement transmissif et sans usage d'outils logiciels. En fait, la différence de moyennes obtenues dans les post-tests (+20,63 points) montre que les étudiants du groupe expérimental G1 ont acquis des performances bien meilleures que celles de leurs collègues du groupe témoin G4.
De même, la comparaison des moyennes obtenues respectivement par les groupes G1 et G3 montre que la valeur de signification (p<0,038) et celle de la différence de moyennes (+7,06 points) affirment que les étudiants du groupe expérimental G1 ont acquis assez significativement de performances par rapport à ceux du groupe témoin G3 ayant subi un enseignement mobilisant une pédagogie active (coopérative) et sans usage des TIC (tableau 5).
Le tableau de comparaison multiple (tableau 5) montre aussi que les performances acquises des étudiants du groupe expérimental G2 ayant suivi un mode d'enseignement transmissif en faisant usage du logiciel Geogebra sont assez importantes que celles de leurs collègues du groupe témoin G4 qui ont subi un enseignement purement transmissif sans usage des TIC. La valeur de signification (p<0,006) largement inférieur à 0,05 ainsi que la différence positive des moyennes de G2 et G4 (8 ,809 points) confirment l'importance de cette différence. Cependant, la différence entre les deux groupes expérimental G2 et témoin G3 n'est cependant pas significative (p<0,272) largement supérieur à 0,05.
Enfin, il reste à souligner qu'il existe des différences très significatives (p<0,000000001) entre les deux groupes expérimentaux. En fait, les étudiants du groupe G1 présentent des performances assez importantes par rapport à ceux du groupe G2.

Tableau 5 : Comparaisons multiples des moyennes

	(I) Groupes	(J) Groupes	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification
Test de Tukey	G1	G2	11,82	2,58869	,00000**
		G3	7,06	2,58869	,038
		G4	20,63	2,58869	,000000***
	G2	G1	-11,82	2,58869	,000
		G3	-4,76	2,61862	,272
		G4	8,809	2,61862	,006

5. Discussion et conclusion

La comparaison des différents résultats montre que l'usage de Geogebra dans un cadre d'enseignement expositif en absence de participation des apprenants dans la création de contenu n'aboutit pas à des résultats convaincants en matière de développement de leurs compétences. En plus, même si les résultats montrent que l'adoption d'une méthode active d'enseignement sans faire usage des TIC améliore sensiblement les performances des étudiants par rapport aux cas où un enseignement traditionnel transmissif est adopté, l'approche combinant l'usage créatif de Geogebra et une méthode active (coopérative) où les apprenants créent et manipulent leurs propres contenus numériques reste privilégiée. En fait, dans le contexte de notre recherche, c'est ce dernier choix qui a permis aux apprenants du groupe expérimental G1 d'obtenir les meilleurs scores. Autrement dit, l'accouplement d'une approche pédagogique coopérative avec l'usage créatif du logiciel Geogebra par les apprenants ainsi que leur engagement dans la création collaborative des ressources numériques a permis à la majorité de ces apprenants de construire leurs connaissances et de développer leurs performances mathématiques objets d'apprentissage. Dans ce sens, nos résultats nous permettent de rejoindre les propos susmentionnés de Romero et Laferrière (2015).

Aussi, en rejoignant Lebrun (2004), nous pouvons souligner que l'usage des TIC favorise la réussite et facilite l'adoption des méthodes actives d'enseignement et leur offre une variété de possibilités pour s'enrichir. Inversement les méthodes actives favorisent la réussite de l'intégration des TIC.

À la lumière des résultats de cette étude, il apparaît que l'enseignement avec les TIC nécessite une pédagogie innovante basée sur l'exploitation de la collaboration entre les apprenants et la création de contenus sous support numérique par les apprenants eux-mêmes. Ces résultats viennent donc renforcer les conclusions de nombreuses études synthétisées dans la revue de littérature sur l'impact des TIC dans les écoles européennes (Balanskat, Blamire et Kefala, 2006; Kulik, 1994; Machin, McNally et Silva, 2006) qui soulignent que l'usage des TIC doit se faire selon une approche pédagogique prenant en compte la différenciation et soutenant l'approche par projet pour améliorer l'apprentissage.

L'efficacité et la réussite de l'intégration pédagogique des technologies de l'information et de la communication dépendent en fait, du degré de fusionnement des *« nouvelles technologies avec de nouvelles pédagogies et créer une classe socialement active, en stimulant l'interaction coopérative, l'apprentissage collaboratif et le travail de groupe.»* (UNESCO, 2011, p. 9). Autrement dit, *« la technologie à l'école sera « nouvelle si la pédagogie qui l'emploie est nouvelle »* souligne Bibeau (2008) dans une conférence portant sur la difficulté d'intégrer l'ordinateur à l'école ».

S'il n'y a, de toute évidence, aucune réponse claire et définitive sur l'efficacité de l'intégration des TIC dans l'enseignement en absence d'un ensemble de conditions didactique et pédagogique,

les résultats obtenus confirment l'importance de l'usage des TIC en général et en particulier celui du logiciel Geogebra dans le contexte d'apprentissage mobilisé auprès du groupe expérimental G1 (usage co-créatif du Geogebra). En effet, l'aspect pouvant enrichir les expériences d'apprentissage des étudiants est lié d'une part à leur engagement dans la création de contenu et d'autre part, à la nature dynamique du logiciel Geogebra qui permet d'observer comment les manipulations d'un objet (ou d'un groupe d'objets) entrainent des changements dans d'autres objets, comme le témoignent les exemples de repérage dans l'espace (figure1), la section d'un tétraèdre selon différents plans (figure 2) et les positions relatives de deux plans dans l'espace (figure 3) qui permettent aux étudiants de manipuler ces solides dans différents sens, de faire varier leurs dimensions et d'étudier les différents cas possibles.
En particulier, les représentations tridimensionnelles des concepts dans un environnement dynamique et les transitions dynamiques de ces représentations permettent aux étudiants de construire leurs connaissances et d'explorer les concepts mathématiques. Dans ce sens, les résultats de la présente étude corroborent ceux de plusieurs études qui montrent que l'utilisation de Geogebra contribue positivement aux processus d'apprentissage des apprenants (Delice et Karaaslan, 2015 ; Tatar Zengin, 2016). Sur la base de ces résultats, on peut dire que le logiciel Geogebra ne peut favoriser seul un apprentissage efficace, mais son utilisation dans un contexte de pédagogie coopérative où les apprenants sont engagés dans un processus d'usage créatif de ressources numériques dynamiques, en lien avec l'objet d'apprentissage, leur permet de construire leurs connaissances grâce à son protocole de construction, ses fonctions de visualisation et de concrétisation.

Références bibliographiques

Artigue, M. (2008). *L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques : contenus et pratiques*. Actes du séminaire DGESCO de février 2007, IREM de Rouan.

Ardiç, M. A., et Isleyen, T. (2017). Secondary School Mathematics Teachers' and Students' Views on Computer Assisted Mathematics Instruction in Turkey: Mathematica Example. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, *5*(1), 46-64. Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125131.pdf

Antohe, V. (2009). *Limits of educational soft "Geogebra" in a critical constructive review annals. computer science series*. 7th Tome 1st Fasc, Tibiscus University of Timisoara, Romania.

Arsenault, C. et Voyer, D. (2003). Une démarche d'auto-évaluation au service de l'actualisation des savoirs mathématiques dans le cadre de la formation à l'enseignement. *In* Association francophone internationale de recherche scientifique en éducation (AFIRSE) et Ministère de l'Éducation Nationale (dir), *Former les enseignants et les éducateurs- une priorité pour l'enseignement supérieur.* Actes du Colloque de l'AFIRSE organisé par la Commission nationale française pour l'UNESCO. Mai 2003

Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., et Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *ZDM*, 34(3), 66–72.

Balanskat, A., Blamire, R. et Kefala, S. (2006). *A review of studies of ICT impact on schools in Europe, (EUN)*. European Schoolnet in the framework of the European Commission's ICT cluster.

Bibeau, R. (2008). *La difficulté d'intégrer l'ordinateur à l'école à qui la faute ?* In 10ème Colloque annuel des directions et directions adjointes des écoles franco-ontariennes. Toronto.

Buyukozturk, S.(2001). *Experimental patterns: Before-after test control group pattern*. Ankara. Pegem Publishers.

Baccaglini-Frank, A., et Mariotti, M. A. (2010). Generating conjectures in Dynamic Geometry: The maintaining-dragging model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(3), 225–253.

Cornu, B., et Ralston, A. (eds) (1992). *The influence of computers and informatics on mathematics and its teaching*. Science and Technology Education. Document Series 44. Paris: UNESCO.

Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, 77-111.
Chevallard Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en anthropologie du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 19/2, 221-265.
Capron-Puozzo, I. (2014), "Pour une pédagogie de la créativité en classe de langue: réflexion théorique et pratique sur la triade créativité, émotion, cognition", *Voix Plurielles*, Vol. 11 No. 1, pp. 101–111.
Delice, A., et Karaaslan, G. (2015). Dinamik geometri yazılımı etkinliklerinin öğrenci performansları bağlamında incelenmesi: analitik düzlemde doğru denklemleri [Investigation of the effects of the dynamic geometry software tasks on students' performance: lineer equations. *Eğitim Bilimleri Dergisi*, 41(41), 35-57.
Diković, L. (2009). Applications Geogebra into teaching some topics of mathematics at the college level. *Computer Science and Information Systems*, 6(2), 191-203.
Dockendorff, M., et Solar, H. (2018). ICT integration in mathematics initial teacher training and its impact on visualization: the case of Geogebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *49*(1), 66-84. https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1341060
Güyer, T. (2008). Computer algebra systems as the mathematics teaching tool, *World Applied Sciences* Journal, 3(1), 132-139*.*
Guven, B., Cekmez, E., et Karatas, I. (2010). Using empirical evidence in the process of proving: The case of dynamic geometry. *Teaching Mathematics and Its Application*, 29, 193–207.

Gueudet, G., Vandebrouck, F. (2009). *Technologies, enseignement et apprentissage des mathématiques : Revue de questions*. Séminaire national de didactique des mathématiques, 2009, Paris, France. IREM Paris 7, pp.219-240, 2010.
Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., et Lavicza, Z. (2008). *Teaching and learning calculus with free dynamic mathematics software Geogebra*, 11th International Congress on Mathematical Education. Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.
Hohenwarter, M., et Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra: The case of Geogebra. *Proceedings of British Society for Research into Learning Mathematics*, 27 (3). 126-131.
Hähkiöniemi, M. (2017). Student teachers' types of probing questions in inquiry-based mathematics teaching with and without Geogebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(7), 973-987.
Kutluca, T. et Zengin, Y. (2011). Matematik öğretiminde Geogebra kullanımı hakkında öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 160-172.
Kutluca, T., et Baki, A. (2009). Sınıf Matematik Dersinde Zorlanılan Konular Hakkında Öğrencilerin, Öğretmen Adaylarının ve Öğretmenlerin Görüşlerinin İncelenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, et, 2, 616-632. Retrieved from http://www.kefdergi.com/pdf/17_2/17_18.pdf
Lebrun, M. (2004). La formation des enseignants aux TIC : Allier pédagogie et innovation, *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1 (1), 11 - 21.
Laborde, C. (2005). Robust and soft constructions: Two sides of the use of dynamic geometry environments. In S. C. Chu, H. C. Lew, et W. C. Yang (Eds.), *Proceedings of the 10th Asian technology conference in mathematics* (pp. 22–35). Cheong-Ju, South Korea: Korea National University of Education.
Morin, M.-P. (2003). *Enseigner les mathématiques au primaire : le quoi ou le comment ?* Québec : Éditions Bande didactique.
Morris, H. (2001). Issues raised by testing primary teachers' mathematical knowledge. *Mathematics teacher education and development, 3,* 37-47.
Prieto, N., Sordo, J. et al. (2013). Designing Geometry 2.0 learning environments: a preliminary study with primary school students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology(ahead-of-print)*: 1-21.
Rabardel, P. (1996). *L'homme et les outils contemporains.* Paris : A. Colin.

Reis, Z. A. (2010). Computer supported with Geogebra. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, 1449-1455.

Romero, M. et Laferrière, T. (2015). *Usages pédagogiques des TIC : de la consommation à la cocréation participative.* Vitrine Technologie Education. Repéré à : https://www.vteducation.org/fr/articles/collaboration-avec-les-technologies/usages-pedagogiques-des-tic-de-la-consommation-a-la

Romero, M., Lille*, b. et* Patiño*, A. (2017). Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle.* Québec : Presses de l'Université du Québec

Tatar, E., et Zengin, Y. (2016). Conceptual understanding of definite integral with Geogebra. *Computers in the Schools*, 33(2), 120-132. https://doi.org/10.1080/07380569.2016.1177480

Tatar, E., (2012). The effect of dynamic mathematics software on achievement in mathematics: The case of trigonometry. *Energy Education Science and Technology Part B:Social and Educational Studies.* 4 (1), 459-468.

UNESCO. (2011). *TIC UNESCO : Un référentiel de compétences pour les enseignants*. Repéré http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002169/216910f.pdf

Vandebrouck, F., Robert, A. (2017). Activités mathématiques des élèves avec les technologies numériques. *Recherches en Didactique des Mathématiques,* 37, 2-3

Yorganci, S. (2014). Web tabanli uzaktan eğitim yönteminin öğrencilerin matematik başarilarina etkileri. The effects of web based distance education method on students' mathematics achievements. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1401-1420.

Zengin, Y. (2011). *Dinamik matematik yazılımı Geogebra'nın öğrencilerin başarılarına ve tutumlarına etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.

EIAH : Vers une classification basée sur la personnalisation des apprentissages

Soufiane HAMIDA[1], Bouchaib CHERRADI[2], Abdelhadi RAIHANI[3], Hassan OUAJJI[4]

Résumé

Les différents types d'EIAH partagent un objectif commun qui est le passage de la vision qui considère l'ordinateur comme un outil passif dans l'apprentissage vers une approche pédagogique informatisée. Dans ce contexte, l'ordinateur joue le rôle d'un guide, un partenaire ou un accompagnant de l'apprenant. Aujourd'hui la communauté scientifique s'intéresse beaucoup plus à l'ingénierie des EIAH et l'intégration des environnements informatiques d'apprentissage dans les cursus de formations pédagogique afin d'assurer un apprentissage efficace et un gain du temps et du coût. Ce papier a pour but de présenter, à travers une revue critique de littérature un état de l'art sur les principaux travaux de recherche réalisés dans le domaine de classification des EIAH, une tentative de classification de ces EIAH basée le concept de personnalisation des apprentissages.

Mots clés : Apprentissage, classification, typologie, caractérisation, EIAH

Le domaine des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) est devenu depuis plusieurs années une préoccupation majeure de recherche pour la majorité des chercheurs dans le domaine de l'informatique et de l'éducation. Ces derniers ont distingué plusieurs catégories des EIAH selon des critères pédagogiques, pratiques ou informatiques. Plusieurs auteurs ont donc proposé des « Catégorisations » des EIAH à la base d'une évaluation typologique de ces environnements. Selon ces catégorisations, différents types de systèmes d'apprentissage ont été développés, tels que les jeux sérieux, les systèmes tuteurs, les MOOC, les ENT, etc. Chaque catégorie de ces environnements constitue un volet de recherche distinct avec une finalité unique.

1. Introduction et problématique

L'enseignement numérique a connu une large évolution avec les premières expériences d'utilisation de l'ordinateur dans le domaine éducatif, avec le prolongement des travaux sur les « *machines à enseigner* » (Bruillard, 1997 ; Arsac, 1987) et sur l'enseignement programmé (Skinner, 1995). Au cours des dernières décennies, plusieurs environnements d'apprentissage et logiciels s'appuyant sur l'informatique, la pédagogie et la didactique ont été développés. Ces outils d'apprentissage informatisé se regroupent généralement sous l'acronyme EIAH (Environnements Informatiques pour l'apprentissage humain). Ces environnements sont spécifiquement conçus dans le but d'amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte des objectifs

[1,3,4] Laboratoire Signaux, Systèmes Distribués et Intelligence Artificielle (SSDIA), ENSET Mohammedia, Université Hassan 2 Casablanca (UH2C), Maroc.
[2] Equipe STICE, CRMEF-Casablanca-Settat, Section provinciale d'El Jadida, Maroc.

d'une situation pédagogique. D'après *Pierre Tchounikine* (Tchounikine, 2009), « *l'EIAH est un environnement qui intègre des agents humains (Elève ou enseignant) et artificiels (informatiques) et leur offre des conditions d'interactions, localement ou à travers les réseaux informatiques, ainsi que des conditions d'accès des ressources formatives (humaines et/ou médiatisées) locales ou distribuées* ». En effet, l'apparition des EIAH est considérée comme une évolution des outils de favorisation efficace de l'apprentissage humain, au sens large et en particulier dans le domaine de l'enseignement, en mobilisant des agents humains et artificiels. A travers des situations d'interaction en présentiel ou en distanciel, ces EIAH ont prouvés en général un impact positif sur la qualité de l'apprentissage. Ces types d'environnements d'apprentissage possèdent des intentions pédagogiques avec un caractère pluridisciplinaire.
Le caractère de pluridisciplinarité dans les EIAH se manifeste dans le fait que ces derniers font recours à la coopération de différents secteurs de l'informatique (Génie logiciel, intelligence artificielle, etc.) avec les sciences de l'éducation (Psychologie, didactique, sociologie, etc.). La figure 1 illustre les principaux domaines intervenants lors de a conception des EIAH.

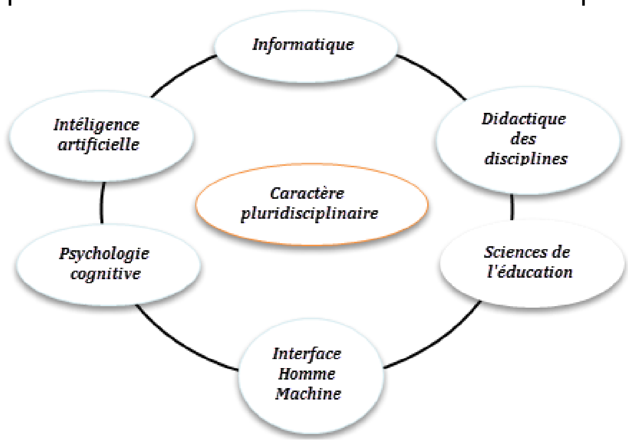


Figure 1 : Différents domaines intervenant lors de la conception des EIAH

Les travaux de recherche liés aux EIAH ont généralement le but d'étudier les logiciels et les plateformes qui proposent des situations d'apprentissage visant à offrir un contenu numérique bien structuré et organisé afin d'assurer une amélioration de la qualité des apprentissages. Il est à signaler que l'objectif général du recours à ces environnements est de susciter, accompagner et personnaliser l'apprentissage. Les praticiens dans ce domaine considèrent un EIAH comme étant un artefact informatique qui a des intentions didactique et pédagogique. Cet artefact implique la planification des apprentissages (Objectifs pédagogique, capacités visées, etc.) et la conception de scénarios pédagogiques (les activités proposées aux apprenants, leurs déroulement, les ressources impliquées, etc.). L'articulation de cette intention avec les caractéristiques du support technique est une des premières préoccupations dans la conception d'un EIAH. Dans cette vision, divers logiciels éducatifs ont été intégrés dans le domaine de l'apprentissage que ce soit en classe ou dans des formations à distance.
Du point de vue pratique, une tentative de classification de ces environnements, pourrait reposer sur plusieurs critères tels que le niveau scolaire du public cible (enseignement primaire, secondaire ou supérieur), la matière ou la discipline ciblée (Informatique, Français, Mathématiques, etc.) ou encore la technologie utilisée (Internet, CD-ROM, etc.). Ces critères de classification nous donnent tout simplement des informations techniques telles que la fiche technique du logiciel par exemple.
Du point de vue de la recherche scientifique, plusieurs travaux traitent de la classification typologique des EIAH (Alessi et Trollip, 1991 ; De Vries, 2001 ; Basque et Lundgren-cayro, 2003), et chaque auteur procède à une classification selon un critère bien déterminé. Certaines de ces classifications sont établies en référence à l'évolution historique (Saettler, 1990). Malgré l'intérêt

de ces classifications, la question qui se pose : Y-a-t-il des critères génériques plus efficaces pour effectuer une classification plus pertinente des EIAH en tant que plateformes pédagogiques. D'où l'intérêt de penser à une Classification (Catégorisation) des différents types des EIAH en se basant sur un critère pertinent qui va en parallèle avec le développement du processus enseignement-apprentissage sur les deux pôles : Technologique et didactique. Il est à signaler que face au développement rapide des technologies et au besoin croissant aux environnements d'apprentissage pédagogiques innovants, une classification pertinente reste toujours une tâche difficile.

Le reste de ce papier est organisé comme suit : Dans le paragraphe 2, nous présentation quelques classifications typologique des EIAH. Au paragraphe 3, nous décrivons les éléments de notre nouvelle classification basée sur le critère de personnalisation des apprentissages. Le paragraphe 4, présente quelques nouvelles tendances dans le domaine des EIAH. Le paragraphe 5 conclura ce papier et donnera des perspectives à ce travail.

2. Quelques tentatives de typologies des EIAH

Une typologie est un « *système de description, de comparaison, de classification, voire d'interprétation ou d'explication des éléments d'un ensemble, à partir de critères jugés pertinents, qui permet de ramener d'une façon simplifiée à quelques types fondamentaux une multiplicité d'objets ou de phénomènes distinct* » (Sauvé, 1984 ; Legendre, 1993). On peut déduire de cette définition qu'une typologie forme une sorte de schéma conceptuelle d'un phénomène et contribue significativement à faire progresser les connaissances dans un domaine donné. Dans ce sens on peut citer l'exemple de classification qui a beaucoup contribué dans le domaine de la biologie. Il s'agit de la fameuse typologie « *Systema naturae* », publié en 1735 par le naturaliste suédois *Karl von Linné* (Karl von Linné, 1766). Une typologie est carrément l'opposée d'une taxonomie. L'exemple de la taxonomie de *Benjamin Bloom* (Bloom, 1969) qui représente une classification systématique et hiérarchisée des objectifs pédagogiques selon trois domaines cognitif, affectif et psychomoteur ; illustre bien cette différence. Une typologie n'exige pas la classification hiérarchisée, mais elle procède à rassembler plusieurs caractéristiques en un ensemble organisé. C'est en quelques sortes une macro catégorie jugée signifiante.

L'efficacité d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain est fondée sur les résultats de recherches effectuées dans les domaines de la pédagogie et de la didactique. Généralement, le but de ces recherches est de décrire, d'expliquer et de modéliser le processus d'enseignement-apprentissage afin de créer un environnement plus favorable à l'apprentissage. Face à ce défi, nous distinguons une diversité de typologies des logiciels et plateformes éducatives entrant sous l'acronyme EIAH.

Durant ces dernières décennies, plusieurs chercheurs universitaires et professionnels œuvrant dans le monde de l'éducation ont proposé différentes typologies d'environnements d'apprentissage. Nous nous contentons dans ce paragraphe de présenter quelques-unes.

La première typologie de l'histoire a été proposée en 1980 par *Taylor* (Taylor, 1980). Dans cette typologie, le critère de classification considéré est principalement le rôle ou le mode d'utilisation de l'ordinateur auprès de l'apprenant. Dans le premier mode, l'ordinateur fonctionne comme un *tuteur*. Dans le second, l'ordinateur fonctionne comme un *outil*. Et dans le troisième, l'ordinateur fonctionne comme un «stagiaire/apprenant» pour un élève ou un enseignant. Dans ce dernier mode, l'élève ou l'enseignant qui fait le tutorat doit apprendre à programmer et à parler à l'ordinateur dans une langue qu'il comprend pour réaliser des objectifs pédagogiques généraux grâce à un logiciel construit à partir des capacités étroites de la logique informatique. La finalité de ce mode est de rendre l'ordinateur un outil d'enseignement ou un enseignant.

Puis pendant les deux décennies 1981-2000, plusieurs classifications sont apparues. Ces classifications des typologies varient selon la vision et les critères choisis par l'auteur. En 2001, *De Vries* (De Vries, 2001) a proposé une typologie de classification selon le critère de la fonction

pédagogique visée par les enseignants ou les concepteurs, sa classification repose sur 8 catégories des logiciels d'apprentissage (tutoriel, exercice répété, tuteur intelligent, jeu éducatif, hypermédia, simulation, micro mondes et environnements d'apprentissage collaboratif). Cette classification est très importante sur le plan pédagogique du moment qu'elle permet de faire une distinction entre caractéristiques, usages et applications des différents logiciels éducatifs et environnements informatique qui ont été conçus et réalisés et puis orientés vers l'apprentissage.
En 2003, *Basque Josianne et Lundgren-Cayrol Karin* (Basque et Lundgren-Cayrol, 2003) ont publié une typologie basée sur les usages des environnements d'apprentissage. Dans cette classification, les auteurs présentent les résultats l'étude d'environ 24 classifications. Leurs typologie repose sur trois catégories : Les typologies centrées sur l'acte d'enseignement/apprentissage ; Les typologies centrées sur l'école et Les typologies centrées sur l'apprenant. Comme le montre le tableau 1, Chaque typologie englobe des classifications faites selon un critère bien déterminé.

Tableau I : Typologies d'usage des EIAH en éducation selon Basque et Lundgren-Cayrol

Typologies des usages des EIAH en éducation	**Critère de classification**
Typologies centrées sur l'acte d'enseignement apprentissage	Rôle joué par l'ordinateur au sein de la relation pédagogique
	Degré d'autonomie de l'apprenant
	Le type de stratégies pédagogiques et (ou) de connaissances visées
	Les étapes du processus d'enseignement
Typologies centrées sur l'école	Les types d'activités d'une école
	Les acteurs d'une école
Typologies centrées sur l'apprenant	Les impulsions de l'individu à apprendre
	Les fonctions cognitives que l'ordinateur permet d'étendre ou de restructurer
	Les étapes du processus d'apprentissage ou de traitement de l'information

Devant une pénurie des travaux de recherche réalisés ces 15 dernières années sur le sujet de classification des EIAH et en tenant compte du développement des technologies et des approches pédagogiques et didactiques adoptées pour la conception et la réalisation des EIAH, nous proposons dans le paragraphe suivant une nouvelle classification principalement basée sur le critère de personnalisation des apprentissages pour répondre aux besoins individualisés des apprenants.

3. Nouvelle classification des EIAH basée sur la personnalisation des apprentissages

3.1. *Critère de personnalisation des apprentissages*

Le concept de personnalisation des apprentissages dans le domaine des EIAH se manifeste dans deux pratiques d'adaptation des ressources pédagogiques : (1) Au contexte d'enseignement qui est constitué principalement du niveau et du contenu enseigné (2) A l'apprenant ou au groupe d'apprenants ayant les mêmes caractéristiques (Marty et Mille, 2009). Selon *Verpoorten* (Verpoorten, 2009), l'adaptation à l'apprenant peut se faire dans le cadre d'un apprentissage individualisé ou d'un apprentissage personnalisé.

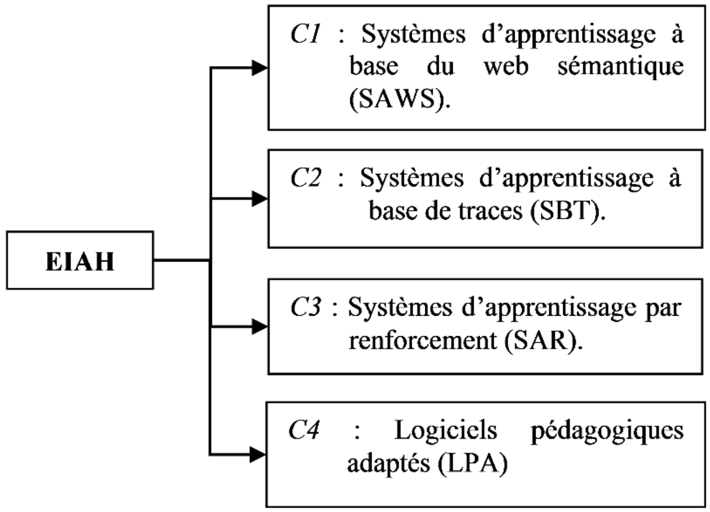


Figure 2 : Classification des EIAH en 4 catégories sur la base du critère de personnalisation des apprentissages

Dans un apprentissage individualisé, les ressources pédagogiques sont adaptées aux buts et aux besoins de chaque apprenant, en fonction de ses caractéristiques. Par contre dans un apprentissage personnalisé, c'est l'apprenant qui fait le choix des ressources qui lui semblent pertinentes après avoir mené une activité réflexive sur lui-même et sur son apprentissage. Les besoins de personnalisation portent sur le contenu des activités proposées à l'apprenant, l'interface de la plateforme utilisée et ses fonctionnalités (dont l'aide et le feedback), la présentation de certaines données et la séquence d'activités. En se basant sur cette définition du concept de personnalisation et en s'inspirant des travaux de *Lefevre et al.* (Lefevre, Butoianu, Daubias, Daubigney et Greffier, 2013) dans le domaine des EIAH réalisés sur des environnements d'apprentissage ayant des besoins de personnalisation, nous proposons dans ce papier une nouvelle classification des EIAH (voir Figure 2). Cette classification se basant sur une analyse des technologies informatiques permettant une personnalisation automatisée, a conduit à quatre catégories.

Dans ce qui suit, nous présentons les détails de chaque catégorie.

3.2. *Catégorie C1 : Les systèmes d'apprentissage à base du web sémantique (SAWS)*

Cette première catégorie regroupe l'ensemble des systèmes d'apprentissage basés sur le web sémantique en favorisant la modélisation du profil des apprenants. Ces EIAH utilisent principalement les technologies liées au web sémantique pour proposer des parcours personnalisés et centrés sur l'objectif d'apprentissage. La personnalisation de l'apprentissage, dans cette catégorie, se manifeste à travers la mise à disposition de l'apprenant des compléments pédagogiques sélectionnés sur des bases de données locale ou publiées tous les jours sur le Web. L'apprenant utilise ces données au moment où il en a besoin pour combler ses lacunes. Nous parlons donc d'un système ouvert et la sélection des ressources pédagogiques dit « active ». Le système ne se contente pas des données enregistrées sur les bases de données, mais il procède à des ontologies pour modéliser les concepts nécessaires dans le parcours d'apprentissage. La figure 3 illustre la différence entre un système classique et un système d'apprentissage basé sur les techniques sémantiques.

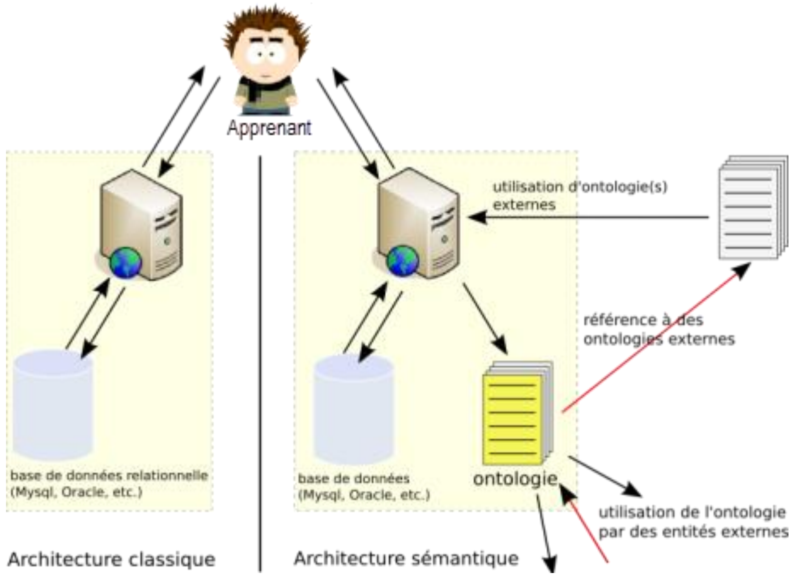


Figure 3 : Comparaison des architectures des systèmes classiques avec celles des systèmes sémantiques

Dans un test de connaissances, par exemple, le système exige une ontologie par laquelle il modélise le concept de Quiz (*Balog-crisan, Roxin et Szilagyi, 2009)*. Dans ce cas un Quiz se compose de plusieurs stimulations qui peuvent être des « questions/réponses » de différents types. C'est donc à partir de la réalisation des activités pédagogiques concernant un parcours d'apprentissage que le système détermine les acquis et les lacunes de chaque apprenant en rapport avec les objectifs fixés. De ce fait, le choix des ressources pédagogiques sur mesure nécessite en priorité le rapprochement des lacunes avec les acquis.

Pour que ces environnements assurent un apprentissage pertinent, il faut identifier le profil de l'apprenant. Ce dernier peut comprendre entre autres son style d'apprentissage préféré, son niveau, ses acquis et ses lacunes. La modélisation du profil de l'apprenant se base principalement sur des ontologies. C'est grâce à ces profils que le système peut identifier, à un temps donné, les besoins de l'apprenant puis rapprocher les préférences sémantiques décrivant son profil avec les métadonnées des ressources pédagogiques. Comme ça, le système choisi les ressources qui répondent le mieux aux besoins de l'apprenant. Reste à signaler que les systèmes entrant dans la catégorie des SAWS utilisent généralement les métadonnées du schéma de description LOM (Learning Object Meta-data)[5] pour décrire les ressources pédagogiques adéquates qui répondent aux attentes des apprenants.

3.3. Catégorie C2 : Les systèmes à base de trace (SBT)

Les systèmes entrant dans cette catégorie des EIAH sont appelés aussi des systèmes de collecte et de réutilisation de données. Ils sont le plus souvent intégrés au sein des environnements d'apprentissage pour leurs capacité d'intégrer l'ensemble de données d'observation issues de tout type d'activités réalisées par n'importe quel utilisateur (apprenant, enseignant et tuteur) sur des systèmes de natures hétérogènes (plateformes d'apprentissage, systèmes de gestion de contenus, etc.) (Settouti, Prie, Mille et Marty, 2006). L'exploitation des traces réalisées par les utilisateurs permet une personnalisation pertinente des EIAH par la production de feedbacks. Dans un SBT, une trace est une donnée issue d'observation directe ou indirecte permettant la

[5] https://ieee-sa.imeetcentral.com/ltsc/

régulation, le contrôle, l'analyse et la compréhension de l'activité d'apprentissage. Ce cadre de travail repose sur trois entités : un modèle extensible décrivant les traces, une base de données implémentant ce modèle, et un ensemble de services Web capables d'interagir avec la base de données. La figure 4 illustre une architecture typique d'un système à base de traces.

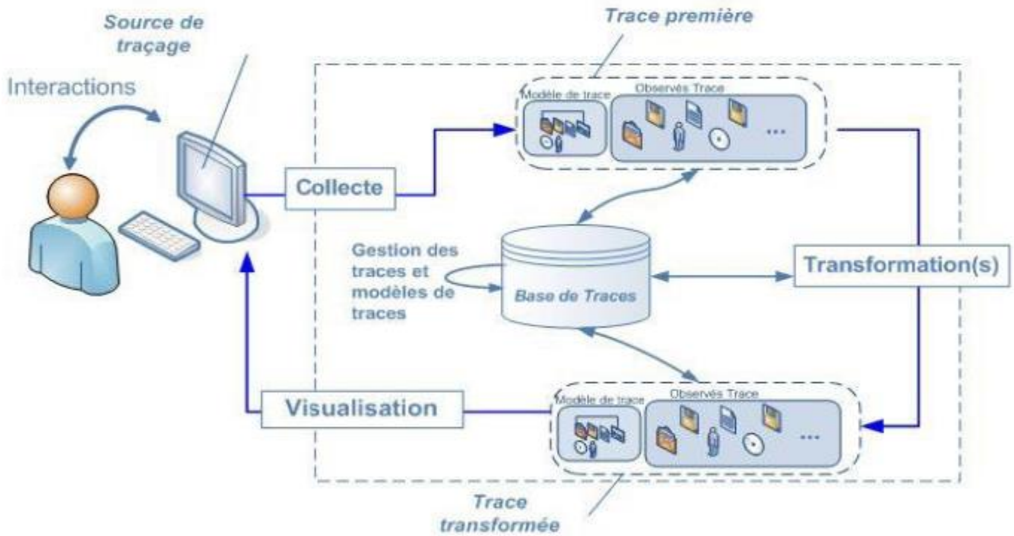


Figure 4 : Architecture générale d'un Système à Base de Traces

Parmi les environnements s'appuyant sur l'activité d'apprentissage en utilisant les traces on peut citer à titre d'exemples :

- Le système Drew (Dialogical Reasoning Educational Web tool) (Séjourné, Baker, Lund, et Molinari, 2004) qui est un EIAH collaboratif avec un objectif de favorisation d'apprentissage collaboratif par l'argumentation.
- La plateforme d'apprentissage en ligne Moodle[6] qui a pour but de faciliter l'utilisation des différentes ressources numériques tel que les notes de cours, les diapositives, les exercices et les vidéos.
- Le système Synergo (Avouris, Komis, Margaritis et Voyiatzaki, 2005) qui permet de mettre en œuvre des situations de résolution de problèmes par un groupe d'étudiants distants.

3.4. Catégorie C3 : Les systèmes d'apprentissage par renforcement (SAR)

La troisième catégorie représente les EIAH qui se basent sur les systèmes d'apprentissage par renforcement. Cette catégorie des environnements (Daubigney, Geist et Pietquin, 2011) s'intéresse principalement à l'automatisation de la prise de décision durant un scénario pédagogique ou une séquence d'activités dans le but d'assurer une progression des connaissances. L'apprenant est face à un environnement d'apprentissage intelligent. Son rôle principal est de trouver une stratégie d'apprentissage adéquate en proposant des activités progressives sanctionnées par des récompenses. Ce type de systèmes propose à l'apprenant un ensemble d'activités et le récompense sur son bon avancement. Avec ce principe le système apprend au fur et à mesure la meilleure stratégie d'apprentissage à proposer pour chaque apprenant. Là aussi le principe de personnalisation est présent.
La modélisation classique de ce type des EIAH se compose de quatre entités : le modèle du domaine (savoir), le modèle de l'apprenant, le module pédagogique, et le module de communication. On peut considérer que l'entité motrice de l'acte éducatif est le module

[6] https://moodle.org/

pédagogique (Chef d'orchestre). Ce module est chargé de toutes les transitions entre les activités à présenter à l'apprenant ainsi que les Feedbacks de ce dernier. La figure 5 esquisse un scénario d'interaction au sein d'un système d'apprentissage par renforcement.

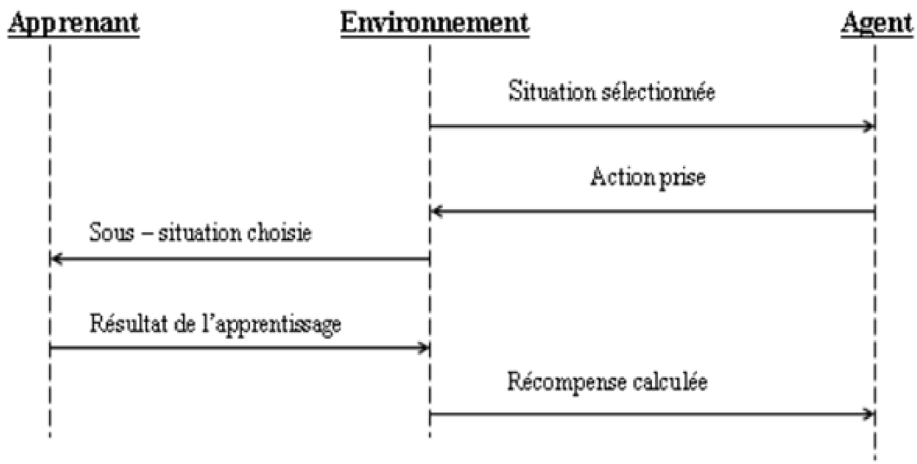


Figure 5 : Scénario d'interaction dans un système d'apprentissage par renforcement

Les systèmes d'apprentissage par renforcement se focalisent sur des algorithmes très avancés nécessitant l'implication des outils mathématiques qui aident à la prise de décision tel que : les chaines de Markov, les réseaux bayésiens, etc. Les modèles flexibles et les approches probabilistes permettent à la machine d'apprendre par elle-même à partir des données reçues (Aimeur, 2004). On part donc du principe de remplacer les approches traditionnelles par d'autres qui sont beaucoup plus statistiques et objectives. L'investissement dans ce sens (Apprentissage automatisé) permet d'offrir une personnalisation maximale des apprentissages dans un environnement adaptable à chaque d'apprenant (Bennane, Manderick et D'hondt, 2001).

3.5. **Catégorie C4 : Les logiciels pédagogiques adaptés (LPA)**

La quatrième catégorie concerne les logiciels pédagogiques adaptés. Ces environnements sont pilotés par un système pédagogique adaptatif qui fournit à l'apprenant des situations d'apprentissages (activités) conformes à son profil et aux intentions pédagogiques de l'enseignant (Lefevre, Jean-Daubias, Guin, 2011). Tout d'abord, le système demande à l'enseignant de définir sa stratégie pédagogique à travers la spécification des activités qui seraient affectées aux apprenants selon leurs profils. Les EIAH à base de systèmes adaptatifs reposent sur 4 composants essentiels (Figure 6) :

- Un modèle des ressources pédagogiques exprimant la connaissance sur le sujet.
- Un modèle de l'apprenant qui définit les principales caractéristiques de l'apprenant.
- Un modèle d'apprentissage qui définit les différentes méthodes et activités d'apprentissage mises en œuvre pour atteindre des objectifs.
- Les méthodes et les techniques d'adaptation assurent la construction de parcours individualisés en utilisant les trois modèles.

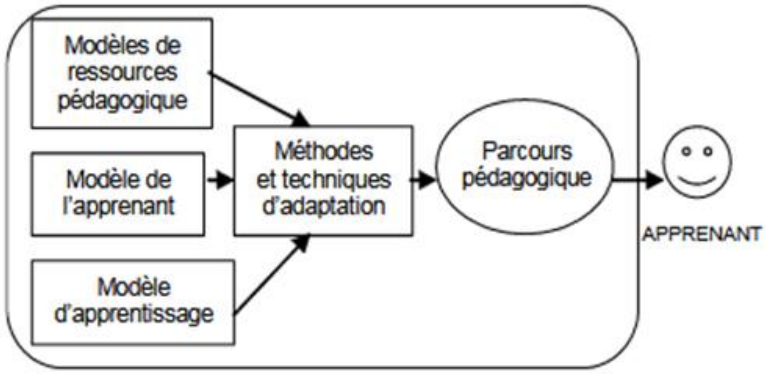


Figure 6 : Composition d'un système pédagogique adaptatif

La majorité des chercheurs dans cette catégorie des systèmes d'apprentissage adaptatifs s'intéressent principalement aux travaux autour des systèmes hypermédias adaptatifs, des théories sur les méthodes d'apprentissage et des recherches sur le Web sémantique adaptatif.
Prenant un exemple d'un système hypermédia adaptatif KBS Hyperbook (Henze et Nejdl, 1999) qui offre aux apprenants la possibilité de spécifier leurs objectifs et leur fournit l'aide pour appréhender les différentes connaissances pour atteindre leurs objectifs. Aussi, on peut citer d'autres systèmes hypermédia adaptatifs qui se basent sur les styles d'apprentissages comme étant une caractéristique essentielle pour la définition du profil de l'apprenant : A titre d'exemple, on peut citer le système iWeaver utilisant le modèle de Dunn (Dunn, 2003) qui contient cinq préférences de perception (auditory, visual (pictures), visual (text), tactile kinesthetic, internal kinesthetic), et quatre préférences psychologiques (impulsive, reflective, global, analytical).
L'intégration de ce type des environnements d'apprentissage dans le processus d'enseignement-apprentissage permet à l'enseignant d'obtenir des activités personnalisées, prenant en considération à la fois ses propres choix pédagogiques et les profils de chacun de ses apprenants.

3.6. Discussion

Toutes ces catégories des EIAH proposent des solutions pédagogiques pour l'apprenant de manière automatique avec des mécanismes différents. Ces catégories se fondent sur des modèles bien définies pour choisir comment personnaliser l'apprentissage. En général, la stratégie d'enseignement adoptée par ces environnements consiste à collecter les informations nécessaires pour la prise de décision afin d'assurer une personnalisation efficace des apprentissages. La constitution des profils des apprenants repose sur les traces produites durant le parcours d'apprentissage (données brutes). Les analyses effectuées par le système sur le taux de véracité des réponses représentent les données calculées. L'interprétation de ces données (informations interprétées) permet de dégager l'ensemble des préférences, des connaissances, des compétences et des comportements des apprenants. À chaque fois, les informations peuvent être mises à jour et enrichies en fonction des évolutions de l'apprenant. Pour la catégorie C1 qui utilise les technologies du Web sémantique (Moteur sémantique), les informations des apprenants et le parcours pédagogique sont enregistrés dans des ontologies qui sont ensuite utilisées par le moteur sémantique pour répondre à la requête. La troisième catégorie des environnements d'apprentissage utilise les processus décisionnels de Markov et favorise l'apprentissage par renforcement afin d'ordonnancer les activités que l'apprenant devra suivre. Dans le tableau 2, nous présentons un récapitulatif des principales caractéristiques des 4 catégories d'EIAH constituant notre proposition de classification.

Tableau 2. Récapitulatif des principales caractéristiques des 4 catégories

Catégorie	Besoin de personnalisation pris en compte	Exigences principales	Avantages	Inconvénients
Catégorie C1 : Les systèmes d'apprentissage à base du web sémantique (SAWS)	Mise à disposition de l'apprenant des compléments pédagogiques sélectionnés sur des bases de données locales ou publiées afin de combler ses lacunes.	- Connaitre les lacunes et le profil de chaque apprenant. - Disposer de ressources pédagogiques annotées.	- Système évolutif à travers l'affinage du profil de l'apprenant et l'enrichissement des annotations des ressources pédagogiques.	- Rareté des ressources pédagogies annotées. - Non standardisation des ontologies.
Catégorie C2 : Les systèmes à base de trace (SBT)	Proposition à l'apprenant d'objets pédagogiques à la base d'analyse de traces relevés des différents parcours d'apprentissage.	- Connaitre les préférences de l'apprenant. - Enregistrer les traces d'utilisation.	- Modèle de préférences extensible s'améliorant avec le temps.	- Temps de réaction augmente avec le nombre de traces. - Nécessité de la mise à jour des modèles de préférences pour prendre en compte les nouvelles informations sur l'apprenant.
Catégorie C3 : Les systèmes d'apprentissage par renforcement (SAR)	Recherche de la stratégie d'apprentissage adéquate en proposant des activités progressives sanctionnées par des récompenses.	- Décrire la représentation de l'environnement. - Choisir un mode d'évaluation. - Calculer la fonction de récompense.	- Evaluation de la séquence d'apprentissage à la fin de chaque activité.	- Difficulté de la définition de la fonction de récompense.
Catégorie C4 : Les logiciels pédagogiques adaptés (LPA)	Proposition de situations d'apprentissages conformes au profil de l'apprenant et aux intentions pédagogiques de l'enseignant.	- Connaitre les profils d'apprenants et le modèle de personnalisation de chaque enseignant.	- Personnalisation en fonction des habitudes pédagogiques de chaque enseignant.	- Nécessité une aide intelligente pour améliorer l'utilisabilité.

4. Nouvelles tendances dans le domaine des EIAH

A l'ère du numérique, l'école et l'université sont obligées de se débarrasser des modes d'enseignement classiques qui exigent l'apprentissage présentiel axé sur le contenu. Parmi les systèmes qui sont actuellement en plein essor on peut citer ceux qui favorisent l'apprentissage hybride (Blended learning) (Elmqaddem, 2017). Ces systèmes combinent le présentiel avec le distanciel, le réel avec le virtuel, le textuel avec le multimédia, le papier ou le tableau noir avec le

tableau blanc interactif. En fait, c'est un apprentissage qui met l'apprenant dans l'axe principal du processus d'enseignement-apprentissage. Le Blended learning ou l'apprentissage mixte, est la combinaison de différents types de technologies Web, l'intégration de diverses approches pédagogiques et la combinaison de toute forme de technologie d'enseignement dans le but de produire un résultat d'apprentissage optimal et atteindre un objectif éducatif.
Un nouveau type d'EIAH basé sur l'intelligence artificielle est littéralement explosé ces dernières années. Il s'agit de l'usage de l'apprentissage automatique connu sous le nom « Machine Learning » (ML) dans les systèmes d'apprentissage. Le ML est un domaine qui étudie comment des algorithmes peuvent apprendre en étudiant des exemples. Ce domaine qui dérive de l'intelligence artificielle a envahi plusieurs domaines de recherche telles que la classification des images, la détection de fraude, le traitement des signaux, etc. Dans le domaine de éducation, l'utilisation du ML dans en enseignement a fait une large évolution à travers l'exploitation des capacités intelligentes de la machine pour répondre aux besoins des apprenants. L'apprentissage automatique de la machine permet dans le futur de concevoir des environnements d'apprentissage qui seront capables d'interagir avec l'apprenant en « devinant » des informations qui caractérisent le profil de ce dernier tel que son style d'apprentissage, afin de choisir les actions éducatives nécessaires pour satisfaire le besoin.

5. Conclusion et perspectives

A travers ce papier, nous avons réalisé une étude bibliographique des différentes classifications typologiques des EIAH existantes. Ces classifications se fondent principalement sur des critères qui se différent d'un auteur à l'autre. Après cette étude bibliographie, nous avons procédé à une tentative de classification des environnements informatiques pour l'apprentissage humain en se basant sur le critère de personnalisation des apprentissages. Cette classification distingue les EIAH en quatre grandes catégories : Les systèmes d'apprentissage qui se base sur les technologies du Web sémantique ; les systèmes à base des traces ; Systèmes tuteur (Apprentissage par renforcement) et enfin les systèmes adaptés. Toutes ces catégories favorisent le concept de personnalisation des apprentissages avec des dégrées différents et des technologies particulières. La plupart des EIAH que nous avons classifiés nécessitent la récolte des informations sur l'apprenant (les traces) afin de créer un profil qui sera utilisé plus tard comme une référence de la prise de décision pour le système.
En perspectives à ce travail, nous comptons améliorer le modèle de l'apprenant en définissant de nouvelles caractéristiques ou attributs dans de profil de base de l'apprenant. Ce modèle devra servir plus tard pour la construction d'une base de données élargie d'apprenants.

Références

Bruillard, E. (1997). Des machines à enseigner dans des programmes génératifs. Dans *Les machines à enseigner* (pp. 23-66). Paris: Éditions Hermès.

Arsac, J. (1987). *Les machines à penser : Des ordinateurs et des hommes*. (250p). Paris : Seuil.

Skinner, B. (1995). La révolution scientifique de l'enseignement. 314p. Editions Pierre margada.

Tchounikine, P. (2009). *Précis de recherche en ingénierie des EIAH*.

Alessi, S. M., Trollip, S. R. (1991). *Computer-based instruction: Methods and development*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.

De Vries, E. (2001). *Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ?.* (pp. 105-116). Revue Française de Pédagogie. Numéro : 137.

Basque, J. et Lundgren-Cayrol, K. (2003). *Une typologie des typologies des usages des « TIC » en éducation*. Télé-université.

Saettler, P.E. (1990). *The evolution of American educational technology*. Englewood, CO : Libraries Unlimited.

Sauvé, L. (1984). D*ocument du cours INF 6001 Ordinateur et environnement éducatif.* Montréal : Télé-université.

Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. (2[édition]). Montréal/Paris : Guérin/Eska.

Linné, K. (1766). *Systema naturae per regna tria naturae*. 12éme édition.

Bloom, B. S. (1969). *Taxonomie des objectifs pédagogiques*. Montréal : Éducation Nouvelle.

Taylor, R. P. (1980). *The Computer in the School: Tutor, Tool, and Tutee*. New York : Teachers College Press.

Basque, J., Lundgren-Cayrol, K. (2003). *Une typologie des typologies des usages des TIC en éducation*. (pp. 263-289). Sciences et techniques éducatives.

Marty J-C., mille A. (2009). *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*. Traité IC2 : Informatique et systèmes d'information, Hermès Sciences.

Verpoorten, D. (2009). *Personalisation of Learning in Virtual Learning Environments*. (pp. 52-66). Lecture Notes in Computer Science, Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Vol. 5794.

Lefevre, M., Butoianu, V. Daubias, P. Daubigney, L. Greffier, F. (2013). *Personnalisation de l'apprentissage : confrontation entre besoins et approches*. (pp. 1-23). Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF), ATIEF, 19.

Balog-Crisan, R. Roxin, I. Szilagyi, I. (2009). *Ontologies for a semantic quiz architecture*. (pp. 492-494) 9th IEE International conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009), Riga, Latvia,

Settouti, L.S. Prie, Y. Mille, A. Marty, J.C. (2006). *Systèmes à base de traces pour l'apprentissage humain*. CEN Workshop Agreement (CWA 15454).

Séjourné, A. Baker, M. Lund, K. Molinari, G. (2004). *Schématisation argumentative et co-élaboration de connaissances : le cas des interactions médiatisées par ordinateur*. Actes du colloque international « Faut-il parler pour apprendre ? ». (pp. 1-14). Arras.

Avouris, N. Komis, V. Margaritis, G.F.M. Voyiatzaki, E. *Logging of fingertip actions is not enough for analysis of learning activities* ». Workshop AIED'05. Amsterdamp. 1-8. 2005.

Daubigney, L. Geist, M. Pietquin, O. (2011). *Apprentissage par renforcement pour la personnalisation d'un logiciel d'enseignement des langues*. Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?". EIAH 2011. Mons. Belgique.

Aimeur, E. (2004). *L'intelligence artificielle : quel avenir ? L'Autre Forum.* Le journal des professeurs de l'université de Montréal. Volume 8. Numéro 2. Canada.

Bennane, A. Manderick, D'hondt, B. T. (2001). *Generation of Training Situations and Adaptive Systems*. ICCE2001. Korea.

Lefevre, M. Jean-Daubias, S. Guin, N. (2011). *Adapte, un logiciel pour aider l'enseignant à proposer des activités personnalisées à chacun de ses apprenants*. Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?", EIAH 2011, Mons, Belgique.

Henze, N. Nejdl, W. (1999). *Adaptivity in the KBS Hyperbook System*. Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive System and User Modeling on the WWW.

Dunn, R. (2003). *The Dunn and Dunn learning styles model and its theoretical cornerstone*. New York, NY: St. John's University.

Elmqaddem, N. (2017). *Blended learning: nouvelles perspectives, nouvelles contraintes*. IJMS - The International Journal of Multi-disciplinary Sciences - Vol 2-17.pp 58-67.

L’analyse des pratiques d’enseignement : diversité d’usage et de dispositifs

Abdesselam Mili[1][2]

Résumé

L’objectif de cet article est de faire un constat sur les mythes et les fausses intuitions des pratiques actuelles de formation et d’enseignement au Maroc d’une part, et de dresser une revue d’approches et de modèles de pratiques d’enseignement adopté dans le champ scientifique de l’analyse de pratiques d’enseignement d’autre part. Ces réflexions nous permettent de montrer la diversité d’usage et de conduite des séances de pratiques d’enseignement. Enfin, nous proposerons une démarche de cette analyse en nous basant sur les travaux réalisés et sur notre expérience du terrain.

Mots clés : *analyse des pratiques d’enseignement, posture réflexive, pratique professionnelle, compétences, professionnalisation.*

Le recours à l’analyse des pratiques professionnelles constitue, depuis ses débuts, une préoccupation des professionnels de la formation et de l’accompagnement. Le but de cette démarche de formation est d’assister les bénéficiaires de la formation à développer leurs compétences professionnelles quel que soit leur niveau de maîtrise du métier qu’ils exercent. En outre, elle permet aussi à ces bénéficiaires d’être autonomes dans l’adoption d’une posture réflexive avant, pendant, et après la réalisation d’une activité professionnelle.

Dans le cadre de l’enseignement, cette démarche a pris de l’ampleur grâce aux travaux d’un nombre important de chercheurs ; (Schön, 1983), (Schön, 1994), (Vergnaud , 1995) (Altet, 1996) , (Perrenoud P. , 1998) (Blanchard-Laville & Fablet, 2000), (Donnay & Charlier , 2006), (Wentzel, 2010), (Lenoir, 2012) (Petignat, 2015) (Balas-Chanel, 2016). La quête de ces auteurs se focalise sur la mise en place d’un dispositif organisé, institué et animé entre pairs pour permettre à l’enseignant de « se réapproprier son expérience et pour la mettre en perspective, dans une visée réflexive et de professionnalisation » (Petignat, 2015). C’est ainsi que nous assistons à une profusion de productions scientifiques et méthodologiques marquées par une diversité des approches et des modèles, de même que son intégration dans des dispositifs de formation des enseignants et leur évolution. De plus, un certain nombre d’études montrent la présence d’une corrélation entre l’amélioration des pratiques d’enseignement et la performance des élèves (Mialaret, 1977), (Postic, 1992), (Altet, 1997), (2016), (Perrenoud P. , 2001), (Laroui & All, 2014) (Bressoux, 2003), (Lahchimi, 2015), (Reverdy , 2017). Pourtant, l’observation de certaines pratiques de formation, lors des séances de l’analyse des pratiques d’enseignement, montre une disparité de « faire » entre les formateurs. Ce qui génère quelque fois des tensions déclarées ou dissimulées entre les pairs et l’apparition des attitudes défensives vis-à-vis des observations émises. A ceci, s’ajoute, le peu d’ateliers et d’activités qui sont programmés dans les séances de

[1]Abdesselam Mili, Professeur Agrégé, Docteur en sciences de l’éducation, Directeur du Centre Régional des Métiers de l’Education et de la Formation, Casablanca-Settat.

[2] "je remercie Marguerite Altet Professeure émérite de l'Université de Nantes, expert projet EDUC2 au Maroc, pour sa relecture de l'article et ses suggestions".

formation et le peu de formateurs qui côtoient les stagiaires en mise en situation (stage) pour comprendre les besoins réels de l'étudiant en formation (recherche, accompagnement). Dans les meilleurs des cas, l'analyse des pratiques se limite à l'observation de l'enseignant stagiaire en situation (stage) lors d'une visite de classe ou à celle d'un enseignant expert « leçon-modèle », suivie par une discussion sur ce que l'enseignant a fait, le plus souvent sous forme de critiques adressées au concerné. Ce qui nous pousse à poser certaines questions : Quelles sont les pratiques d'analyse actuelles utilisées par les professionnels de la formation, et de l'accompagnement ? Comment peut-on catégoriser et exploiter les démarches proposées par les scientifiques de l'analyse des pratiques d'enseignement ? Peut-on proposer une démarche intégratrice des modèles proposés ?

La revue d'une littérature scientifique dans le domaine, l'expérience acquise en collaboration avec des experts lors de l'analyse des pratiques, l'observation des professionnels sur le terrain et les discussions informelles et formelles (entretiens et focus groupe) avec des acteurs que nous avons côtoyés pendant des années constituent un appui à ce travail. L'analyse de ces éléments, nous a permis de faire une description de ce qui est par les formateurs lors des séances des pratiques d'enseignement, d'identifier les approches et les modèles traitant l'analyse des pratiques d'enseignement prescrites par certains auteurs, et enfin de proposer un dispositif de l'analyse des pratiques intégré et adapté.

1. Distinction terminologique

Autour du concept de l'analyse des pratiques d'enseignement, nous rencontrons un ensemble de termes très utilisés par les auteurs et les acteurs. D'où, est-il judicieux de rappeler la définition de certains termes ayant une relation avec le champ d'investigation des pratiques d'enseignement. Nous limitons ces définitions dans le cadre de l'enseignement.

- **La pratique réflexive :** Elle s'inscrit dans le cadre du développement professionnel. C'est la capacité de l'enseignant débutant ou expert à se poser des questions, à réfléchir sur le fonctionnement de ses pratiques pour les faire évoluer. Ce terme est initié par Dewey en 1933 dans son livre « *How we think* ». La pratique réflexive s'apprend et s'approprie. Rappelons qu'une activité ne devient une pratique que si elle est régulière.
- **La posture réflexive :** C'est un regard permanant réfléchi et conscientisé sur ses pratiques pendant l'action ou après l'action. Ce type d'intention et d'engagement régulier permet à l'enseignant d'adopter une posture réflexive pour améliorer ses pratiques.
- **La pensée réflexive :** pensée critique, pensée créative, métacognition et argumentation
- **L'analyse de pratiques professionnelles** (APP) : C'est une démarche métacognitive utilisée en formation rassemblant un groupe de la même profession et un animateur pour décrire, analyser et comprendre des pratiques observées ou vécues.
- **L'analyse de situation :** c'est l'analyse du contexte et des événements, de ce qui s'est passé, à travers un ensemble de questions très connues « QQOQCP » désignant qui, quoi, où, quand, combien, pourquoi ? Le « comment » se centre sur l'activité du sujet pendant l'action. C'est une question qui fait partie du processus de l'analyse de pratique.
- **L'analyse du travail ou de l'activité :** c'est l'analyse des ergonomes qui distinguent dans les métiers la tâche prescrite de l'activité mis en œuvre effectivement. (Leplat, Saujat, F)
- **L'analyse des pratiques** est « une méthode de formation ou de perfectionnement fondée sur l'analyse d'expériences professionnelles, récentes ou en cours, présentées par leurs auteurs dans le cadre d'un groupe composé de personnes exerçant la même profession » (Barus-Michel, Enriquez, & Lévy , 2013).

2. Les mythes des pratiques de formation et les pratiques de l'analyse de pratiques d'enseignement en formation

Certaines pratiques de formation en cours, il y a quelques années, sont de moins en moins recommandées par les professionnels aujourd'hui. Elles sont considérées comme de fausses intuitions handicapant le processus de la formation et la qualification des stagiaires. Ces pratiques se manifestent dans la manière de présentation et de conduite des activités de formation. Nous en citons quelques-unes :

- Les exposés demandés et réalisés par les étudiants : une pratique très abordée dans les classes réduites à l'université et dans les centres de formation. Si cette pratique permet, aux étudiants présentateurs, de comprendre le contenu sujet du cours demandé par le professeur, elle n'en est pas autant pour les autres étudiants. Cette pratique devient de plus en plus ennuyeuse surtout si le formateur est passif et réagit rarement.
- L'utilisation du Power Point par les formateurs et les étudiants : Bien que la présentation est visuelle, attrayante et suscite l'intérêt de l'auditoire, elle présente des inconvénients si elle ne répond pas aux normes de qualité au niveau de la forme, du fond et de la manière de présenter les contenus. Loye a réagi dans un article intitulé "Le Power Point rend les étudiants bêtes et les profs ennuyeux" (Loye, 2017), où il montre les conséquences néfastes de ce type de pratique sur les apprentissages et la formation des étudiants.
- La valorisation du cours magistral sur le compte des activités de professionnalisation : cette pratique émane de l'isomorphisme du contexte universitaire, ou par manque de ressources d'encadrement suffisantes. Les étudiants sont, ainsi, emprisonnés en poursuivant un cours transmis et en direct avec des rythmes d'attention diverses. Les chanceux sont ceux qui ne sont pas dépassés par le rythme du discours du professeur. Pourtant, les étudiants stagiaires se sentent mieux dans la situation d'apprentissage lorsque le formateur gère son cours en mettant en lien le contenu transmis et son illustration pratique.
- Les pratiques de formation diffèrent d'un formateur à un autre. Ce qui génère l'apparition des niveaux hiérarchisés de pratiques entre les formateurs. Ces niveaux se manifestent par la conduite des activités de formation allant du niveau « initié » au niveau « expert ». Ce décalage des niveaux de maîtrise du métier de formation dépend de plusieurs variables notamment le type de formation et d'expertise acquis et le degré d'engagement personnel dans l'encadrement, l'accompagnement et la recherche en formation.
- Beaucoup d'acteurs considèrent que les établissements scolaires d'accueil pour les stages (stage en situation ou stage en responsabilité) sont des moments d'application des contenus théoriques acquis dans les centres de formation. Cette représentation dominante est un vrai mythe ; car, le centre de formation et l'établissement d'accueil des stages sont à considérer comme des espaces différents mais complémentaires. Chaque espace de formation complète l'autre pour aboutir au développement professionnel de la compétence recherchée. C'est ainsi que le recours au paradigme relatif à l'alternance trouve sa justification scientifique et professionnelle comme le paradigme « pratique-théorie-pratique » recommandé dans le dispositif de formation des enseignants au Maroc. Il est possible que certaines pratiques de classe rencontrées par les stagiaires ne soient pas abordées en formation car les situations professionnelles sont très nombreuses et diffèrent d'un contexte à un autre. Certains couples de difficultés reliées aux attentes des professeurs stagiaires ne sont pas abordés en formation nous en citons comme par exemple :
- Maitrise de la classe : (classe pléthorique/classe normale), (élèves agités/élèves sérieux), (relation tendue/relation amicale).
- Gestion spatiale, temporelle et humaine (répartition en ateliers de travail, Temps d'engagement de l'élève dans les apprentissages, etc.).
- Effet des attentes incomprises dans l'analyse des pratiques d'enseignement : On

demande aux étudiants stagiaires d'analyser les pratiques alors qu'ils ne possèdent pas encore le répertoire des activités de l'enseignant.

- Le micro-enseignement, en tant que forme d'activité de formation, est souhaité par les formateurs comme entraînement à la pratique. Il se réalise souvent par la désignation volontaire ou imposée du stagiaire qui animera une séance de cours avec ses pairs. Ces derniers l'observent et prennent notes directement ou en différé s'il est filmé (videoscopé). Le formateur réserve un moment de discussion-débat sur ce qui a été observé dont l'objectif étant d'améliorer les pratiques d'enseignement du stagiaire animateur, mais aussi des observateurs. Il intervient pour gérer la discussion ou expliquer. Bien que cette activité mette le stagiaire en situation de simulation professionnelle, la discussion entre les pairs est souvent orientée vers la critique, parfois sévère, du stagiaire animateur. Ainsi, le dernier se trouve en situation de défense pour répondre aux questions ou réagir aux remarques faites par les observateurs. Ce qui peut générer des malentendus et parfois même des conflits dans le groupe.

1. Les buts et les enjeux de l'analyse des pratiques d'enseignement

L'analyse des pratiques a pour objet la prise de conscience des actions effectuées par l'individu en situation de travail. Elle s'inscrit dans le processus de formation et d'auto-formation de la personne concernée. Le fondateur de cette démarche est le psychanalyste anglais Michael Balint, dans les années soixante. Il a utilisé cette technique pour développer les pratiques relationnelles des médecins. Le groupe Balint s'intéresse à « la mise en lumière de la relation singulière qui se vit entre le médecin et son malade. Le «Balint» vise à aider les médecins généralistes à augmenter leur sensibilité vis-à-vis de ce qui se passe, consciemment ou inconsciemment, dans la relation médecin-malade. Un autre élément des groupes Balint est de découvrir, de ressentir qu'on ne soigne pas des maladies mais des personnes, que l'on soigne l'homme dans son histoire, que nous soignons l'histoire de sa maladie et les maladies de son histoire en évoquant le livre de Michael Balint: "*Le défaut fondamenta*l" » (MONTECOT, 2011, p. 23). En fait, l'analyse des pratiques ne se résume pas à une simple séance d'échange sur les pratiques. C'est un moment de formation programmé, institutionnalisé et outillé.

Dans le cadre de l'enseignement apprentissage, l'analyse de pratiques d'enseignement ou l'analyse de pratique professionnelle, la pratique réflexive, quelles que soient les définitions que l'on a leur attribué, visent l'amélioration des pratiques des enseignants. C'est « la réflexivité fer de lance de la professionnalisation de « pratique de pensée et manière d'agir tout en pensant à ce que l'on fait » (Wentzel, 2010, p. 8) et permettant de mesurer les écarts entre le prescrit, le réel et le vécu (CLOT, 1999). Elle a été introduite dans le champ de la formation initiale ou dans le développement professionnel continu des enseignants comme une *« démarche accompagnée par des formateurs qui aident à mener l'analyse de pratiques effectivement mises en œuvre grâce à des outils conceptuels, des référents théoriques qui deviennent des « savoirs-outils » permettant de décrire, mettre en mots, de lire autrement, de recadrer, de formaliser la pratique de l'enseignant ».* (ALTET, 2010, p. 130). En s'appuyant sur les travaux d'Altet, Campanale (2003) explicite la définition de l'analyse de pratique en ces termes*" Il s'agit d'activités organisées dans un cadre institué de formation professionnelle, qui rassemblent un groupe de praticiens et un formateur/animateur, le plus souvent lui-même de la même profession, pour réfléchir sur des pratiques* observées *ou rapportées, dans le but de construire du métier, de l'identité professionnelle. Cela met en jeu une articulation pratique théorie-pratique qui vise la construction de savoirs, d'expérience explicites et le développement d'un savoir analyser des situations professionnelles. Cette modalité de formation se rattache au modèle centré sur l'analyse de Ferry (1983), qui se distingue du modèle prescriptif et applicationniste centré sur les acquisitions, et du modèle centré sur la démarche qui vise le développement personnel*" (CAMPANALE, 2003, p. 1). Elles prennent aussi le sens de dispositif « réunissant des pairs, qui visent le développement professionnel. Les participants exposent leurs pratiques à partir de situations concrètes et les analysent ensemble, guidés par un animateur.» (Balas-Chanel, 2016). L'analyse de pratiques est donc une activité professionnelle permettant, d'une part, de prendre conscience des stéréotypes qui parasitent l'acte d'enseignement par l'enseignant lui-même, d'autre part, de comprendre l'évolution des pratiques professionnelles des enseignants qu'elles soient anciennes ou en construction. C'est une démarche réflexive et propre à l'enseignant (ALTET, 2000). Perrenoud avance l'hypothèse que "*la pratique peut provoquer la transformation de schèmes constitutifs de cet habitus, à travers des prises de conscience de sa propre pratique. En effet, dans les confrontations, le sujet peut se rendre compte que ce qui lui paraît « le bon sens même ne va pas de soi pour autrui, que les évidences ne sont pas partagées. »* (CAMPANALE, 2003, p. 2). En d'autres termes, l'analyse de pratiques d'enseignement permet à l'enseignant de comprendre ce qu'il fait quand il enseigne, d'en prendre conscience d'une manière réfléchie et d'agir en régulant sa pratique par rapport à ce qui est souhaitable. L'analyse de pratiques d'enseignement se fait généralement entre pairs, mais aussi par une auto-analyse de l'enseignant lui-même. D'autres dimensions paraissent caractériser l'analyse des pratiques professionnelles : "*les sujets participant à un dispositif de ce type sont invités à s'impliquer dans l'analyse, c'est-à-dire à travailler à la co-construction du sens de leurs pratiques et/ou à l'amélioration des techniques professionnelles. Cette élaboration en situation interindividuelle, le plus souvent groupale, s'inscrit dans une certaine durée et nécessite la présence d'un animateur, en général professionnel lui-même dans le domaine des pratiques analysées, garant du dispositif, en lien avec des références théoriques affirmées.* " (Blanchard-Laville & Fablet, 2000). Pourtant, la transformation de ces pratiques n'est pas évidente surtout si elles sont automatisées et influencées par les croyances. Cette attitude est souvent manifestée quand on veut introduire une innovation. Ainsi, on peut résumer les objectifs de l'analyse de pratiques d'enseignement comme tel :

- « [de] former des praticiens réflexifs capables d'analyser leur pratique et de la transformer en savoirs professionnels communicables » (Hensler, Garant, & Dumoulin, 2001, p. 40).
- « de résoudre un problème, de comprendre une situation complexe, de s'interroger sur sa pratique et d'imaginer de nouvelles façons d'améliorer sa performance » (Perrenoud P. , 2001, p. 36)
- prendre conscience de ce qu'il fait quand il est dans une situation professionnelle ou en formation.

Les modèles d'analyse de pratiques d'enseignement ont une histoire qui se concrétise par l'évolution des conceptions et des outils d'observation et d'analyse de ces pratiques. Le but recherché étant l'amélioration du processus enseignement-apprentissage.

2. Les fondements théoriques de l'analyse des pratiques d'enseignement

L'analyse des pratiques d'enseignement en formation ne peut être mise en œuvre sans se référer aux différents outils conceptuels issus des différentes théories sur l'enseignement-apprentissage qui la fonde, citons-en quelques-unes :

4.1. Les travaux sur l'enseignement-apprentissage sur le « teaching »

Après les premiers travaux sur l'enseignement qui s'inscrivaient dans un paradigme behavioriste « processus-produit » et qui visaient à déterminer l'efficacité de l'enseignement en l'analysant à partir des caractéristiques personnelles de l'enseignant, puis ceux qui ont suivi et qui ont porté sur le rôle de la « pensée des enseignants » comme instance essentielle de contrôle de la pratique enseignante, ou les études « écologiques » qui ont permis de prendre en compte l'importance de la « situation » au sein de laquelle se déroule l'enseignement, se sont développées en France comme au Québec, ces quinze dernières années, diverses recherches (Altet, Bru, Clanet, Gauthier, Lenoir, Tupin, Vinatier) qui ont proposé un modèle intégrateur de l'enseignement-apprentissage, avec l'articulation de plusieurs types de variables personnelles, processuelles et contextuelles en interaction, variables concernant l'enseignant, mais aussi l'élève

et la situation, pour comprendre et expliquer le fonctionnement de la pratique enseignante dans sa complexité en rapport avec les apprentissages des élèves.
Un réseau international, le réseau OPEN, constitué d'équipes pluridisciplinaires de chercheurs travaillant sur l'Observation des pratiques enseignantes (piloté par Altet, Bru, Blanchard-Laville, 2002-2012), a mené des travaux qui décrivent l'enseignement à partir des processus interactifs enseignement-apprentissage en classe et l'analyse de l'activité d'enseignement en contexte. Ces chercheurs ont produit des résultats à partir d'approches diverses rendant intelligibles les pratiques enseignantes telles qu'elles existent dans leur diversité et aidant à comprendre leurs relations avec les apprentissages des élèves dans des contextes variés. Ils ont mis en évidence ce qui fait que telles pratiques réussissent dans des contextes donnés en s'intéressant à la façon dont l'enseignant procède auprès de ses élèves pour les faire réussir dans leur apprentissage.
Ces recherches basées sur l'observation cherchent à repérer chez les enseignants des régularités et des variations dans la façon d'enseigner, et à comprendre à quoi elles tiennent et comment elles sont organisées et s'organisent. Ces chercheurs ont ainsi pu rendre compte de la pratique enseignante par des « processus organisateurs » qui facilitent les apprentissages, comme les types d'interactions maître-élèves, élèves-élèves, la gestion temporelle, le type et choix de tâches, la configuration de la classe, le type de guidage « ouvert », et ont pu montrer comment un enseignant fonctionne, en analysant par « une analyse plurielle » les 3 domaines constitutifs de la pratique « relationnel, pédagogique et didactique (Altet, 2008) et parvient à atteindre ses objectifs d'apprentissage, à faire progresser et réussir ses élèves

4.2 Les travaux des didacticiens des disciplines

La théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, Mercier, 2007 ; Schubauer-Leoni *et al.*, 2007) a été élaborée au sein de l'approche comparatiste en didactique (Mercier *et al.*, 2002 ; Schubauer-Leoni, Leutenegger, 2005 ; Amade-Escot)).

Sensévy décrit un jeu didactique en classe comme un jeu dans lequel coopèrent deux joueurs, le Professeur et l'Élève.

Les deux instances Professeur et Élève coopèrent, dans la mesure où leur activité commune n'a de sens que si chacun joue son rôle ; l'activité didactique est une coaction, c'est une action conjointe, dans la mesure où des comportements spécifiques du Professeur et de l'Élève découlent les uns des autres. L'action didactique est une action conjointe, c'est-à-dire coopérative et coordonnée, constituée d'actions participatives de même nature. L'analyse de la pratique conjointe reprend les concepts des didactiques, contrat, dévolution, milieu, temps, transposition en regardant à la fois l'enseignant de l'élève.

4.3 Analyse du travail et de l'activité : la didactique professionnelle

S'appuyant sur l'analyse du travail par les ergonomes, la didactique professionnelle repose sur « *l'analyse du travail et le développement de compétences. Elle est caractérisée par :*

- *Un regard sur l'apprentissage établi du point de vue de l'activité (en l'occurrence l'activité professionnelle) ;*
- *Une attention portant sur l'apprentissage établi du point de vue du développement du sujet (plus exactement le développement de ses compétences* » (ALFA, 2013, p. 49).

La didactique professionnelle est apparue ces dernières décennies grâce aux travaux de l'équipe de Pierre PASTRÉ (PASTRÉ, 1997). Son intérêt réside dans le fait de :

- Savoir analyser les pratiques d'enseignement en situation de travail ;
- Conceptualiser ces pratiques pour les modéliser ;
- Comprendre comment les pratiques d'enseignement changent et s'adaptent ;
- Construire des outils ayant un aspect quantitatif ou qualitatif.

En fait, la didactique professionnelle est née dans le cadre de la formation des adultes ; elle prolonge les conceptions liées à l'ingénierie de formation. Elle s'appuie sur l'analyse cognitive du travail en vue de rendre plus efficace la formation professionnelle (Pastré, 1997). Il s'agit d'une analyse de l'activité qui, lorsque celle-ci est achevée, sera exploitée à des fins de formation (MAUBANT, ROGER, DHAHBI, & CHOUINARD, 2009). L'objet de la didactique professionnelle est donc l'élaboration des dispositifs de formation en tenant compte des besoins et des caractéristiques des adultes. La notion de l'analyse des besoins utilisée dans l'ingénierie de formation sera prolongée en didactique professionnelle par le concept d'analyse de travail. Ainsi, analyser le travail comme concept et méthode de la psychologie ergonomique est utilisé par la didactique professionnelle. Elle emprunte de cette psychologie deux concepts fondamentaux qui sont l'activité et la tâche. L'hypothèse sur laquelle s'appuie la didactique professionnelle est que l'activité humaine est organisée sous forme de schèmes, dont le noyau central est constitué de concepts pragmatiques. Pour Rogalski cité par (ALFA, 2013, p. 50) *« la didactique professionnelle a pour but d'analyser le travail en vue de la formation des compétences professionnelles dans tous les domaines ».*

Par ailleurs, la didactique professionnelle constitue un cadre théorique permettant de lire et comprendre les pratiques d'enseignement. Elle peut être exploitée lors de l'instauration des pratiques requises par l'innovation. Elle nous permet en effet d'analyser le travail des enseignants lors de l'appropriation de nouvelles pratiques d'une part ; d'autre part, elle sert à appréhender les critères d'observation de ces pratiques comparées à l' « *idéal professionnel* » recherché par l'innovation. A travers la description ci-dessus, la didactique professionnelle nous permet dans cette recherche de :

- analyser les pratiques des enseignants en classe et de comprendre comment ils mettent en œuvre les pratiques requises par la pédagogie de l'intégration;
- conceptualiser et d'hiérarchiser ces pratiques solen les moments de leur déroulement;
- élaborer une grille d'observation;
- organiser des moments de discussion avec les enseignants concernés.

4.4 L'Approche de l'apprentissage par l'action

Cette approche repose sur « le développement des personnes et des organisations qui utilisent la tâche comme moyen d'apprentissage » (Ricard, 2001). Elle consiste à apprendre en agissant. Cet apprentissage permet à l'apprenant d'investir dans le réel et utiliser sa propre expérience et ses propres moyens pour résoudre un problème posé. Elle est découverte par Reg Revans dans les années cinquante qui a proposé aux gestionnaires anglais de l'industrie de Charbon de se réunir et partager les expériences les uns avec les autres pour résoudre les problèmes qu'ils rencontrent. A partir des années soixante-dix, Beaucoup d'entreprises ont fait référence à l'apprentissage par l'action dans la gestion et la formation des cadres et des employés telles que General Electric, Hewlett-Packard… Il s'agit d'un échange entre les pairs pour trouver des solutions à des problèmes qui les concernent. C'est un partage d'expérience mobilisant la compétence individuelle dans un cadre collectif (intelligence collective).

L'approche " knowing in practice " ou savoir dans l'action développée par (St-Arnaud, 1992) apporte l'idée que le savoir se construit en action. Elle est la source de la connaissance. D'ailleurs, les travaux issus des « *Practices-Based Studies* » (Charreire-Petit & Huault, 2008 ; Corradi, Gherardi & Verzelloni, 2010 ; Gherardi, 2011) portent leur attention sur les connaissances qui se développent dans le flux des expériences quotidiennes et parlent de « *knowing-in-practice* » (Grosjean, 2013). Il s'agit d'une démarche praxéologique qui propose donc « une interaction entre le savoir et l'action qui serait à l'image du rapport requis entre le savoir et le pouvoir (pouvoir-faire) pour la progression de l'agir vers une plus grande efficacité » (Lhotellier & St-Arnaud, 1994).

4.5 L'Approche clinique

L'approche ou démarche clinique (Cifali, 2001) (Basco, 2012) (Blanchard-Laville, 2002) est une façon de prendre du recul vis à vis d'une pratique au niveau du sujet professionnel :elle porte sur la dimension interpersonnelle de la pratique et la dimension intersubjective :affects, ressentis, souffrances de l'enseignant (C. Blanchard-Laville, M.Cifali). La relation subjective interpersonnelle est revue dans le sens où elle est source de construction d'outil de pensée professionnalisant. Cette approche se base sur l'observation par l'identification de l'existence ou non d'un problème vécu par le sujet. Elle permet aussi d'élaborer des hypothèses ou des stratégies d'action par la réflexion individuelle ou collective, de mobiliser des apports théoriques multiples, des regards complémentaires, des interrogations nouvelles.

4.6 L'approche anthropologique ou psycho-sociale

L'approche anthropologique vise l'instauration du concept de la communauté de pratique. Cette approche repose sur la collaboration (Lave et Wenger, 1991; Wenger, 1998) entre pratiquants, encadreurs et chercheurs pour l'amélioration des pratiques d'enseignement. Les échanges et les influences communautaires, sur les situations réelles, permettent de mieux prendre conscience de leur pratique et de développer leur expertise (Barab et Duffy, 2000).

4.7 L'Approche fonctionnelle réflexive (M. Altet, 1994, 2002, 2010)

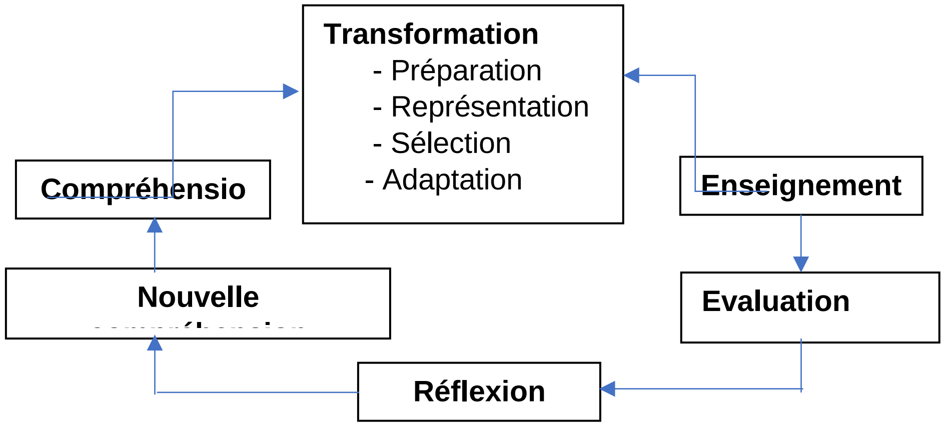
L'Approche fonctionnelle repose sur l'identification par l'enseignant des fonctions relationnelles, pédagogiques et didactiques constitutives de la pratique d'enseignement-apprentissage mise en œuvre dans une séance et la compréhension de leur fonctionnement. Elle est basée sur les recherches sur l'enseignement qui ont montré que les 3 domaines constitutifs de la pratique enseignante sont le domaine relationnel, pédagogique et didactique. Elle permet d'aider à comprendre les facteurs mis en jeu dans une pratique d'enseignement par le repérage des relations et des interactions qui se produisent lors de la gestion de lpprentissage en classe. Il s'agit de « faire émerger le décalage entre l'objectif et ce qui a été effectivement réalisé par une analyse réfléchie à partir d'une décentration et d'un questionnement duel ou en groupe pour comprendre ce qui se joue en :

- Co-construisant des hypothèses multi-dimensionnelles et systémiques de lecture et d'analyse, en reliant des facteurs en jeu ;
- En (re)donnant au sujet la compréhension de son fonctionnement, du sens et de la maîtrise de sa pratique » (Altet, 2018).

Cette approche sur la réflexivité et l'analyse comme leviers de changement des représentations et des pratiques favorise la construction d'un jugement professionnel.
Il s'agit donc, par ces démarches et dispositifs d'APP de construire chez les enseignants au cours de la formation une posture de réflexivité qui les amène à une certaine lucidité pour questionner chemin faisant l'exercice de leur propre pratique.

5. Les modèles de l'analyse des pratiques d'enseignement

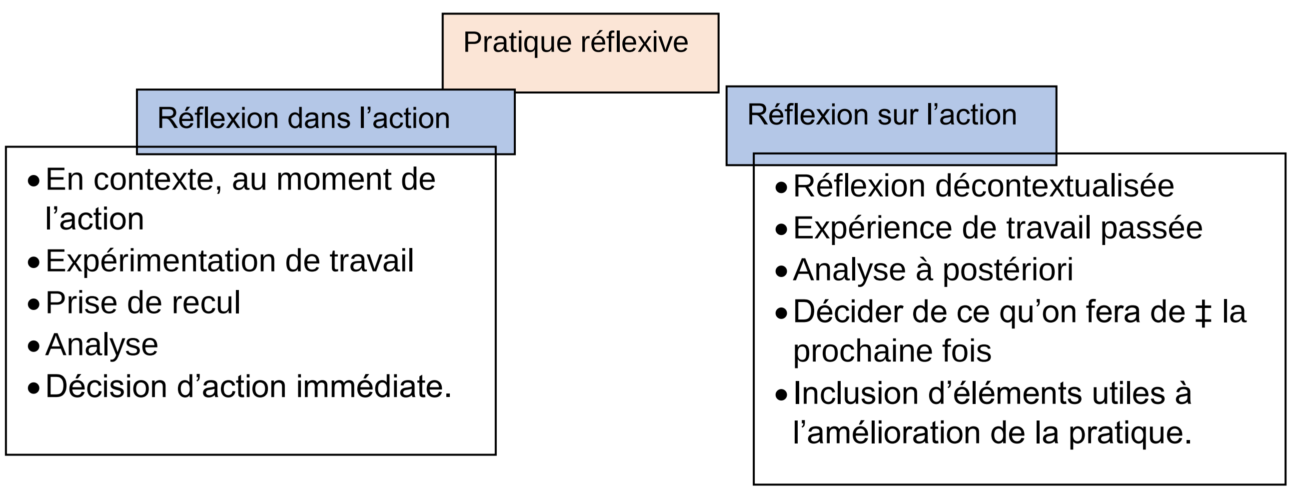
- Le modèle du raisonnement pédagogique de Shulman et ses collègues (Shulman, 1986; Wilson et al., 1987) utilisé comme cadre d'analyse de pratique repose sur 5 étapes : La compréhension du contenu à enseigner par l'enseignant, la transformation de ce contenu pour qu'il soit compris par les apprenants, l'acte d'enseigner en classe, l'évaluation des acquis des apprenants et la réflexion sur ces pratiques. Cette analyse repose sur la description du métier de l'enseignant et la pratique réflexive comme acte faisant partie du processus enseignement-apprentissage.



Modèle du raisonnement pédagogique, de Wilson, Shulman et Richard (1987, p.119)

• L'instruction au sosie est utilisée dans l'apprentissage et le perfectionnement du métier. Il s'agit d'un entretien au cours duquel un professionnel répond à une question de l'enquêteur. La question peut être la suivante : "Suppose que je sois ton sosie et que demain je me trouve en situation de te remplacer dans ton travail. Quelles sont les instructions que tu devrais me transmettre afin que personne ne s'avise de la substitution ?". Le professionnel est amené à décrire les pratiques et les activités qu'il va réaliser d'une manière précise et chronologique. Le « sosie » (l'enquêteur) est également invité à se projeter dans cette activité en posant des questions d'explicitation concernant les différents gestes professionnels décrits.

• Le modèle praticien réflexif de Schön ou « le tournant réflexif » de Schön est initié par praticien Donald A. Schön (1983) dans son ouvrage connu « *The reflexive practitioner. How professionnals think in action* ». Pour lui, la pratique réflexive se réalise dans l'action à l'instant de l'exercice (réfléchir sur ce qu'il fait au moment de l'action), mais aussi après, sur l'action dans un autre moment différé ayant le temps suffisant pour une « relecture de l'expérience » (Perrenoud, 2001).



Le modèle praticien réflexif de A. Schön (1983)

• L'écriture réflexive peut être réalisée par la description par l'écrit d'une situation vécue, d'un évènement, d'une expérience, d'une histoire, etc. C'est un dispositif de formation « visant la réflexion sur la pratique par l'écrit. Elle engage le rédacteur à réfléchir sur son action, ses sentiments, sa pensée, sur ses difficultés, ses tensions, ses réussites ». (Dufays & Thyrion, 2004). Elle permet de prendre du recul et la prise de conscience de sa pratique distanciée par rapport à l'action. Le « je » personnel devient « professionnel » (Cros, Lafortune, & Morisse, 2009). Au contraire d'une écriture « libre », l'écriture réflexive dans une perceptive de professionnalisation s'exerce à partir de deux visées principales :1) une analyse de pratiques (sa pratique et d'autres pratiques) et 2) une conceptualisation de sa pratique » (Morisse, Lafortune , & Cros, 2011). C'est un « lieu de la réflexion, dans le sens de l'élaboration de la pensée, [mais elle est également] un jeu de reflet et d'élaboration de la pensée, mais elle est également un jeu de reflet et de transformation du sujet » (BISCHOP & CADET, 2007).

- **L'argumentation pratique** (Boutet & Pharand, 2008) **:** L'argumentation pratique de Fenstermacher (1994) se focalise sur « la prise de conscience des prémisses de l'action, c'est-à-dire ce que l'enseignant mobilise plus ou moins consciemment. En s'appuyant sur des enregistrements vidéo de la pratique d'un enseignant, il s'agit d'amener ce dernier à formuler un « argument pratique » reflétant, selon lui, les raisons qui fondent son agir, telles que les intentions, les savoirs et les buts poursuivis » (Malo & Desrosiers, 2012, p. 97). Au moyen de l'analyse, l'individu concerné explique et justifie ce qu'il a effectué comme comportement au cours de l'exécution de l'action pour une meilleure reconstruction. C'est une remise en question des pratiques pour les améliorer. L'argumentation pratique se déroule donc en deux phases :

  - L'explicitation : c'est un moment où l'individu présente et explique les raisons qui l'ont conduit à opter pour une telle pratique.
  - La reconstruction : c'est un processus d'évaluation des arguments avancés par rapport à un ensemble de critères de pertinence, d'éthique, de cohérence et autres.

6. Les groupes de l'analyse des pratiques d'enseignement

La mouvance des recherches et des formations sur et par l'analyse de pratique, à partir des années 90, a induit à la création des groupes de travail. Ces derniers proposent des démarches pour analyser les pratiques professionnelles en se basant sur l'observation directe sur le terrain ou l'observation différée via la vidéoscopie ou en partant d'une problématique vécue ou probable d'une situation professionnelle. Parmi, les groupes de travail, on trouve :

- GEASE ou Groupe d'entrainement à l'analyse de situations éducatives de l'université de Montpellier (Fumat, Vincens & Étienne, 2003).
- (Arppège) (Vacher, 2011) ou Groupe d'Analyse Réflexive de Pratiques Professionnelles En Groupe d'Echanges.
- Groupe de Parole (GP)
- Groupe de Formation à l'Analyse de Pratiques Professionnelles (GFAPP)
- Groupe d'Analyse de Pratiques Professionnelles (GAPP)
- les groupes Balint (pour enseignants),
- les Groupes de Soutien au Soutien (GSAS),
- les Groupes d'Approfondissement Personnel (GAP),
- les Séminaires d'Analyses de Situations de Communication (SASCO)

7. Les moyens et les outils utilisés

- **Les entretiens d'explicitation**

RAJOUTE L'ENTRETIEN D'ACCOMPAGNEMENT FORMATIF AVEC LA NOUVELLE POSTURE DU GUIDE D'ACCOMPAGEMENT

Les entretiens d'explicitation sont des moments d'échange entre les membres du groupe. Ces derniers sont constitués d'un animateur expert, d'un volontaire animateur de la séance à observer et d'un groupe. Ils visent, à travers des échanges et de partage d'expériences, à prendre conscience des bonnes pratiques et à aider le groupe vers une posture professionnelle solide.

- **La vidéoformation**

La vidéo est utilisée pour permettre aux étudiants de vivre des situations authentiques et d'analyser leurs pratiques ou celles des autres à travers une observation différée. Le fait que la vidéo soit enregistrée facilite la rediffusion de la séquence objet de la discussion ou de l'analyse de pratiques. Il s'agit d'un apprentissage vicariant « apprendre par observation » en interaction avec les pairs. De plus, elle permet l'autoscopie et l'auto-confrontation des réalisations à chaque moment. Plus les moyens techniques déployés pour l'enregistrement sont professionnels, plus le visionnement permet une observation optimale et une analyse efficace. Comme le micro-enseignement, la vidéo-formation permet un entraînement à la pratique et à l'analyse pendant la formation et avant la prise en charge d'une classe.

- **Les jeux de rôle et simulation**

Selon FFJdR[3], le jeu de rôle est « un jeu où chaque participant interprète un personnage et participe à la création d'une fiction collective » (FFJdR, 2014). C'est un outil de formation caractérisé par la mise en scène d'une situation de la gestion d'une classe où des rôles sont attribués par le formateur aux groupes des participants ou choisis par les membres du groupe eux-mêmes. Les rôles, les plus souvent attribués, dans une situation d'analyse de pratique d'enseignement : l'enseignant, des élèves et des observateurs. Les conduites attendues des rôles peuvent être dirigées selon un scénario (consignes données aux participants surtout aux élèves) afin d'analyser la réaction du « personnage enseignant ». Le jeu de rôle, à travers des échanges entre les participants, permet d'analyser les pratiques d'enseignement en situation professionnelle bien qu'elle soit artificielle.

- **Le portfolio**

Au cours de leur formation dans les centres de formation ou en stage dans les établissements scolaires, les stagiaires sont confrontés à des situations professionnelles où ils apprennent le métier d'enseignant. Ils sont souvent en situation d'observer, d'écouter, de consulter des documents, de s'approprier des outils, de conduire des séquences d'apprentissage etc. Le portfolio peut être un classeur, un porte document, une valise ou un cahier qui permet au stagiaire de regrouper les traces de son vécu au cours de la formation en stage. Il peut être sous forme de documents (rapport de séances, données du contexte du stage, observation (propre ou des pairs), grilles d'évaluation, réflexions personnelles, les analyses faites…etc. Ce qui permet au stagiaire de constater à chaque moment l'évolution de ses compétences professionnelles. De plus, le portfolio aidera le stagiaire à consulter les documents collectés en cas de besoin au cours ou après la formation.

8. Aspect éthique et Déontologie de l'analyse des pratiques

Il est très recommandé lors de l'analyse des pratiques professionnelles d'accorder une grande importance à l'aspect éthique et déontologique. En effet, l'analyse des pratiques met en jeu la confrontation des observations, des analyses, des prises de parole et des remarques entre les membres du groupe. D'où, l'intérêt de fixer des règles et des normes à respecter par le groupe pour éviter les sensibilités personnelles pouvant aboutir à des situations de conflit entre les pairs. Une charte d'éthique peut être élaborée et validée par le groupe au démarrage de l'animation des séances de l'analyse des pratiques précisant les rôles et les règles de fonctionnement.

En fait, l'analyse des pratiques d'enseignement est une compétence professionnelle qui se développe par l'interaction avec les pairs. Il se réalise dans un contexte réel (l'observation d'un volontaire en situation pratique, accompagnement sur le terrain…) ou dans un contexte différé (débat et échange entre les pairs sur une situation-problème professionnelle présentée, analyse de séquence vidéo…). Le formateur est censé planifier les scénarios des étapes à suivre lors de l'animation notamment la mise en place d'un dispositif intégrant les techniques et les outils nécessaires. Les moments de l'analyse réflexive exigent la patience et la passion : ces moments sont caractérisés par l'observation, l'écoute et l'argumentation où la gestion du temps et de l'espace ont une importance capitale. Certains auteurs comme « Campbell, Kyriakidès, Mujis, et Robinson (2004) » cités par (Bressoux, 2007), insistent sur « la nécessité de ne pas se focaliser

[3] La Fédération Française de Jeu de Rôle

sur les caractéristiques des enseignants, mais plutôt sur le déroulement des séances de classe (méthode d'enseignement, organisation, mobilisation des ressources, etc.) » (Bressoux, 2007).

9. Démarche de mise en place d'un dispositif d'analyse de pratique d'enseignement

Il s'agit de créer les conditions nécessaires pour que le concerné par l'analyse de pratique puisse prendre conscience de ce qu'il fait et modifier en retour sa pratique professionnelle. Un débutant, par exemple, est censé intégrer progressivement de nouveaux savoir-faire pour faire face aux situations contextualisées et immédiates qui surviennent en classe. Le fait de l'accompagner et de l'assister lui permet de réfléchir sur ses pratiques. Entre les acquisitions théoriques et leur mise en œuvre en situation réelle est exigée une distanciation par rapport à tout vouloir faire et un retour réflexif la sélection des actions pertinentes pour pouvoir agir. Quand il est seul, il réfléchira sur ce qu'il ne doit pas faire.

9.1 Exemple d'analyse de GEASE ou Groupe d'entrainement à l'analyse de situations éducatives de l'université de Montpellier (Fumat, Vincens & Étienne, 2003).

La démarche d'analyse (1 jour + 6 demi-journées) repose sur la recherche de solution possible, sans jugement de valeur, par le groupe d'une situation éducative ou pédagogique décrites par un participant. 6 phases marquent le programme d'analyse et de formation après la présentation du dispositif d'analyse par l'animateur.

a. Phase 1 : description de la situation vécue par un participant (20 min) suivie d'une question adressée au groupe.
b. Phase 2 : Questionnement en relation avec les dimensions suivantes : pédagogique, didactique, institutionnel, le sociale et psychologique.
c. Phase 3 : Formulation des hypothèses (30 mn) par le groupe ;
d. Phase 4 : Réaction du narrateur aux hypothèses (5 mn) ;
e. Phase 5 : Description de la scène par l'observateur (5 min ;
f. Phase 6 : Bilan de l'analyse réalisée par le groupe (10-15 mn).

On peut résumer la logique du déroulement proposé par GEASE, un exposant qui présente la situation éducative au groupe qui à son tour pose des questions pour comprendre et formulent des hypothèses explicatives possibles. L'exposant réagit aux propositions faites par le groupe. En fin vient l'étape la plus importante de réflexion, de l'analyse approfondie (méta-analyse) pour construire changer les pratiques, les améliorer et avoir une posture réflexive continue sur ses pratiques.

9.2 Exemple d'analyse du groupe (Arppège) (Vacher, 2011) ou Groupe d'Analyse Réflexive de Pratiques Professionnelles En Groupe d'Echanges.

La démarche d'analyse repose pour ce groupe sur 9 phases :

1. Phase 0 : Présentation mes membres du groupe
2. Phase 1 : Présentation par un volontaire du groupe voulant d'une situation qui lui pose un ou des problèmes (5 à 10 mn).
3. Phase 2 : Réaction du groupe sur la situation en la plaçant dans un cadre professionnel (5 mn)
4. Phase 3 : Approfondissement du débat pour comprendre la situation décrite par tout le groupe (5 à 30 mn)
5. Phase 4 : Réaction du groupe sur la situation en la plaçant dans un cadre professionnel (10 mn)

6. Phase 5 : Analyse de l'apport du débat (éléments nouveaux, transformations perçues, renforcement constaté…) (10 à 20 mn)
7. Phase 6 : Formalisation collective de la compréhension de la situation par des petits groupes (30 à 40 mn)
8. Phase 7: Présentation de la production de chaque groupe. Puis le débat est ouvert. (30 à 40 mn).
9. Phase 8 : Expression par la prise de parole individuelle (impressions, émotions, apprentissage, protocole, transformation…) (10 à 20 mn).
10. Chaque participant est invité au cours de cette phase à prendre la parole pour s'exprimer sur ses impressions, ses émotions ou faire part de son analyse de la séance vécue. Ces échanges ne portent pas sur le contenu relatif à la situation exposée mais sur le protocole vécu. Parmi les questions qui peuvent orienter le débat : Cette séance vous a-t-elle permis de vous transformer ? si oui de quel point de vue, quel(s) processus et quelle(s) phase(s) du dispositif pourraient en être à l'origine ? si non pourquoi ? Quelle évaluation faites-vous de l'intérêt, sur la forme ou le fond, de la séance ou du module vécu et pourquoi ?

10. Démarche d'un dispositif d'analyse des pratiques d'enseignement lors de l'observation d'un enseignant (stagiaire ou expérimenté) en situation de conduite des apprentissages

10.1 Etape préparatrice :

- **a.** Présentation du dispositif de l'analyse des pratiques d'enseignement (Objectifs, moyens mis en œuvre et déroulement de la séance) ;
- **b.** Elaboration de la charte d'éthique (règles du bon fonctionnent de l'analyse entre le groupe) ;
- **c.** Description du métier de l'enseignant à partir des représentations des stagiaires. Cette étape peut « sauter » avec les enseignants expérimentés. Il s'agit de décrire ce que fait l'enseignant lors de la conduite des apprentissages en classe :
  - i. Etape de brainstorming ;
  - ii. Classification et mise en ordre chronologique des pratiques selon le déroulement de la séance du début jusqu'à la fin ;

10.2 Etape de déroulement :

- **a.** Observation d'un enseignant volontaire (stagiaire ou expérimenté) en situation d'animation d'une classe réelle ou différée (Visionnement d'un enregistrement vidéo) ;
- **b.** Moment de réflexion : description du vécu par l'enseignant volontaire et réactions des membres du groupes pour poser de questions à des fins de compréhension du déroulement de la séance ;
- **c.** Problématisation thématique : identifier les bonnes pratiques et les difficultés ou les dysfonctionnements parus, problématiser et émettre des hypothèses pour proposer des solutions ;
- **d.** Analyse de la situation, de l'expérience vécue : comprendre le processus d'aboutissement au résultat selon un raisonnement
- **e.** Proposition de solutions pertinentes, faisables et efficaces : solutions argumentées et acceptées par le groupe ;
- **f.** Identification et intention de l'appropriation de bonne (s) pratique (s);
- **g.** Réflexion sur les scénarios de mise en œuvre possibles ;

10.3 Etape de bilan :

a. Rappel des étapes de l'analyse des pratiques par l'animateur ;
b. Bilan des bonnes pratiques discutées ;

10.4 Impact attendu :

a. Prise de conscience de l'apport de l'analyse de pratique d'enseignement réalisée avec le groupe ;
b. Exploitation et mise en œuvre des bonnes pratiques en classe ;
c. Participation à l'amélioration des apprentissages des apprenants et de leurs performances scolaires.

Conclusion

Rappelons que l'objet de cet article est de proposer un dispositif d'analyse de pratiques d'enseignement. Ce dernier consiste à assister les bénéficiaires de la formation à développer leurs compétences professionnelles quel que soit leur niveau de maîtrise du métier qu'ils exercent. En outre, elle permet à ces bénéficiaires d'être autonomes dans l'adoption d'une posture réflexive avant, pendant, et après la réalisation d'une activité professionnelle. La réflexion menée pour la proposition d'un tel dispositif repose l'identification des fausses intuitions de l'analyse des pratiques d'enseignement par certains formateurs ou encadreurs d'enseignants. Le recours, aussi, à une revue de littérature scientifique dans le domaine, nous a permis d'identifier les approches et les modèles traitant l'analyse des pratiques professionnelles, ainsi que les démarches entreprises par des groupes créés à ce sujet.

A travers ce qui a été cité ci-dessus, on peut dire que l'analyse de pratiques d'enseignement aboutit à la pratique réflexive et se réalise en 3 moments forts : le premier correspond à situer la pratique en question dans un contexte bien déterminé utilisant un ou plusieurs méthodes ou outils : Observation via des grilles, récit d'une situation posant un problème, présentation d'une séquence vidéo, écriture clinique…etc.) ; le second correspond à la prise de conscience de changer ses pratiques singulières comparées à un référentiel souhaité ; le troisième correspond au suivi sur le terrain et à l'accompagnement pour instaurer les nouvelles pratiques et approprier une démarche réflexive continue.

L'intérêt de cette approche c'est qu'elle permet de développer la prise de conscience des enseignants de leur fonctionnement, de leur prise en compte des apprenants et de former des enseignants professionnels réflexifs capables de s'adapter à l'évolution des contextes et systèmes éducatifs en visant l'amélioration de la qualité.

Références bibliographiques :

ALFA, O. D. (2013). *Bien enseigner en Afrique ? Formation au métier de formateur.* Paris: L'Harmattan.

ALIN, C. (2010). *La geste formation. Gestes professionnels et analyse des pratiques.* Paris: L'Harmattan.

Altet, M. (1996). Les compétences de l'enseignant professionnel. Entre savoirs, schèmes d'action et adaptation : le savoir-analyser. Dans L. Paquay, M. Altet, E. Charlier, & P.. Perrenoud, *Former des enseignants professionnels. Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* Bruxelles: De Boeck.

Altet, M. (1997, 2018). *Les pédagogies de l'apprentissage.* Paris: PUF.

Altet, M. (2000). L'analyse de pratiques : une démarche de formation professionnalisante. *Recherche et formation*, 35, 25-41. http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/recherche-et-formation/RR035-03.pdf

Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138, 85-93.

ALTET, M. (2010). *La relation dialectique entre pratique et théorie dans une formation professionnalisante des enseignants en IUFM: d'une opposition à une nécessaire articulation.* Consulté le 03 2011, 14, sur Education Sciences et Society: http://issuu.com/armandoeditoreprofilo/docs/education_gennaio_giugno2010

Balas-Chanel, A. (2016, juin 30). La pratique réflexive dans un groupe, du type analyse de pratique ou retour de stage. (R. d. Pédagogiques, Éd.) Consulté le 11 2016, 07, sur http://www.analysedepratique.org/?p=1062

Barus-Michel, J., Enriquez, E., & Lévy , A. (2013). *Vocabulaire de psychosociologie* (éd. 11 Edition). Toulouse: Erès.

Basco, L. (2012, Janvier). La démarche clinique dans l'accompagnement en formation : vigilance et persévérance ? *La revue des terrains sensibles (N° 5)*.

BISCHOP, M.-F., & CADET, L. (2007). Les écritures réflexives en formation élémentaire et professionnelle constituent-elles un genre? *Les cahiers Théodile*(7), 7-32.

Blanchard-Laville, C., & Fablet, D. (2000). *L'analyse des pratiques professionnelles.* Paris: L'Harmattan.

Borges , C., & Gervais, C. (2015). L'analyse des pratiques et l'approche de « l'argumentation pratique » : un dispositif de formation et de transformation. *Accompagnement des transitions professionnelles et dispositifs réflexifs en formation initiale et continue*(24). Consulté le 09 10, 2016, sur https://questionsvives.revues.org/1845

Boutet, M., & Pharand, J. (2008). *L' Accompagnement Concerté des Stagiaires en Enseignement.* Quebec: Presse de l'université de Quebec.

Bressoux, P. (2003). Les stratégies de l'enseignant en situation d'interaction. *HAL*. Récupéré sur https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000286/document

CALMETTES, B. (2013). *Etudes didactiques de l'action (des pratiques, de l'activité) de l'enseignant en sciences et technologies. Réflexions sur l'épistémologie des recherches en didactique.* Consulté le 11 24, 2013, sur Congrès AREF 2013-Montpellier du 27 au 30 août-LIRDEF (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation)-: http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/106-etudes-didactiques-de-laction-des-pratiques-de-lactivit%C3%A9-de-lenseignant-en-sciences-et-t

CAMPANALE, F. (2003). *L'Atelier d'Analyse des Pratiques : Questions de procédures.* Consulté le 03 2010, 13, sur IUFM de Grenoble, journées de formation de formateurs AEM, 3-4 février: http://webcom.upmf-grenoble.fr/sciedu/pdessus/sapea/procAEMtxt.PDF

Cifali. (2001). Démarche clinique, formation et écriture. Dans P. Perrenoud, M. Cifali, E. Charlier, L. Paquay, & M. Altet, *Former des enseignants professionnels. Quelles stratégies ? Quelles compétences?* Bruxelles: 2ème édiation De Boeck.

CLAVIER, L. (2001). *Évaluer et former dans l'alternance: de la rupture aux interactions.* Paris: L'harmattan.

CLOT, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail.* Paris: PUF.

Cros, F., Lafortune, L., & Morisse, M. (2009). *Les Écritures en Situations Professionnelles.* Quebec: Presse de l'Université du Quebec.

Donnay, J., & Charlier , E. (2006). *Apprendre par l'analyse de pratiques.* Namur (Belgique): Presses universitaires de Namur .

Dufays, J.-L., & Thyrion, F. (2004). *Réflexivité et écriture dans la formation des enseignants: Actes du séminaire et des journées d'études organisés par le CEDILL (UCL) et THÉODILE (LILLE III) en 2001-2002.* Louvain: Presses universitaires de Louvain.

Faingold, N. (2006). Formation de formateurs à l'analyse des pratiques. *rechercheformation.revues.org*(51), 89-104.

FFJdR. (2014). *Définitions du Jeu de Rôle*. Récupéré sur La Fédération Française de Jeu de Rôle: http://www.ffjdr.org/ce-devez-savoir-jeu-role/definitions-du-jeu-role/

GOYER, S. (2010). L'impact de vidéos de pratique sur le développement du sentiment d'autoefficacité des enseignants à intégrer les technologies de l'information et de la communication en salle de classe. Dans T. Karsenti, *Former à distance des formateurs : Stratégies et mutualisation dans la francophonie* (p. 142). Clermont-Ferrand: Maison des Sciences de l'Homme. Consulté le 10 2017, 12, sur http://www.karsenti.ca/pdf/scholar/OUV-karsenti-41-2010.pdf

Grosjean, S. (2013). Interagir pour savoir et s'organiser : une analyse des « savoirs-en-action » produits lors de réunions. *Science de la sociètè*, 58-81.

HABBOUB, E., LENOIR, Y., & TARDIF, M. (2008). *La didactique professionnelle et la didactique des savoirs professionnels dans la documentation scientifique: un essai de synthèse des travaux francophones in PASTRE,P et LENOIR,Y: Didactique professionnelle et didactiques disciplinaires en débat.* Toulouse: Octarès.

Hensler, H., Garant, C., & Dumoulin, M.-J. (2001). La pratique réflexive, pour un cadre de référence partagé par les acteurs de la forùmation. *Recherche et Formation*(36). Consulté le 02 2015, 13, sur http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/recherche-et-formation/RR036-03.pdf

Lahchimi, M. (2015). La réforme de la formation des enseignants au Maroc. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*(69). Consulté le 7 13, 2018, sur https://journals.openedition.org/ries/4402

Laroui, R., & All. (2014). Des pratiques pédagogiques de l'enseignement du lire/écrire, déclarées par des enseignantes du primaire. *Le stage en formation, tendances et résistances — Varia*(35). Récupéré sur https://journals.openedition.org/edso/663

LASFARGUES, S. (s.d.). *La pratique réflexive.* Consulté le Octobre 25, 2018, sur squadra: http://www.squadra.fr/files/Partie-psychopedago/La-pratique-reflexive.pdf

Lenoir, Y. (2012). *Dossier spécial: La pratique réflexive.* Quebec: Vivre le primaire.

Lhotellier , A., & St-Arnaud, Y. (1994). Pour une démarche praxéologique. *Nouvelles pratiques sociales*, 93-109. Consulté le Décembre 01, 2016, sur http://www.erudit.org/revue/NPS/1994/v7/n2/301279ar.pdf

Loye, D. (2017, 03 07). *Le Power Point rend les étudiants bêtes et les profs ennuyeux*. Récupéré sur lesechos: https://start.lesechos.fr/continuer-etudes/master-ms-mba/le-power-point-rend-les-etudiants-betes-et-les-profs-ennuyeux-7576.php

Malo, A., & Desrosiers, P. (2012). Un dispositif visant soutenir la pratique réflexive en stage. Dans M. L'Hostie, & F. Guillemette, *Favoriser la progression des stagiaires en enseignement* (p. 97). Québec: Presses de l'Université du Québec.

MAUBANT, P., ROGER, L., DHAHBI, J., & CHOUINARD, I. (2009). *La didactique professionnelle, un nouveau regard pour analyser les pratiques enseignantes in IUFM Nord-Pas de Calais. Qu'est-ce qu'une formation professionnelle universitaire des enseignants? Tome 1.* Consulté le 06 15, 2012, sur http://www.lille.iufm.fr/IMG/pdf/375-383_ROGER_Tome1.pdf

Mialaret, G. (1977). *La formation des enseignants.* Paris: Puf.

MONTECOT, C. (2011). *Expérience d'analyse des pratiques, de type Balint dans un groupe d'internes de médecine générale : Groupe d'internes de médecine générale : vers une élaboration psychique.* Consulté le 08 2012, 13, sur http://www.theseimg.fr/1/sites/default/files/th%C3%A8se_clairemontecot.pdf

Morisse, M., Lafortune , L., & Cros, F. (2011). *Se professionnaliser par l'écriture: Quels accompagnements ?* Quebec: Presse de l'Université du Quebec.

MUNOZ, G. (2013). A l'aube de la compétence, les chemins de l'alternance. Dans C. GERARD, G. MUNOZ, & M. ROUSSEAU, *Du paysage au territoire de l'alternance: Une intelligence collective à l'oeuvre.* Paris: L'Harmattan.

NONNON, E. (2009, octobre-décembre). *Lenoir Yves & Pastré Pierre (dir.). Didactique professionnelle et didactiques disciplinaires en débat.Revue Française de Pédagogie.N°169Petite enfance et scolarisation.Notes critiques.* Consulté le 09 15, 2012, sur http://rfp.revues.org/1653

PASTRÉ, P. (1997). Didactique professionnelle et développement. *Psychologie française*(n° 42-

1).
PASTRE, P. (2011). La didactique professionnelle:Un point de vue sur la formation et la professionnalisation. *EDUCATION SCIENCES & SOCIETY N°1*.
PASTRE, P. (2011). *Situation d'apprentissage et conceptualisation.recherches en éducation.* Consulté le 06 2012, 12, sur http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/REE-no12.pdf
PASTRE, P., & al. (janvier-mars 2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie N° 154*.
PASTRE, P., MAYEN , P., & VERGNAUD, G. (2006, janvier-mars). La construction des politiques d'éducation : de nouveaux rapports entre science et politique. *Revue française de pédagogie*(154). Récupéré sur http://rfp.revues.org/157?lang=en
Perrenoud , P. (2001). Le praticien réflexif. *Recherche & Formation*, pp. 131-162.
Perrenoud, P. (1998). *De la réflexion dans le feu de l'action à une pratique réflexive.* Université de Genève: Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.
Perrenoud, P. (2001). *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant dans le métier d'enseignant.* Paris: ESF Sciences humaines.
Petignat, P. (2015). L'analyse des pratiques en formation initiale d'enseignants. *Revue de l'analyse de pratiques professionnelles, No 5* .
PIOT, T. (2013). *La didactique professionnelle et la démarche générale .in. Traité d'ingénierie de la formation: Problématique, orientations, méthodes. VERGNIOUX, A (Cood).* Paris: L'Harmattan.
Postic, M. (1992). *Observation et formation des enseignants* (éd. 4e). Paris: PUF.
Reverdy , C. (2017). 'accompagnement à l'école : dispositifs et réussite des élèves. *Dossier de veille de l'IFÉ*(119). Récupéré sur https://edupass.hypotheses.org/1162
Ricard, D. (2001). L'apprentissage-action dans un contexte universitaire au Québec. *Interactions, 5*(2). Consulté le 04 2017, 13, sur https://www.usherbrooke.ca/psychologie/fileadmin/sites/psychologie/espace-etudiant/Revue_Interactions/Volume_5_no_2/V5N2_RICARD_Daniele_p131-144.pdf
SCHUBAUER-LEONI M.-L., LEUTENEGGER F., LIGOZAT F., FLÜCKIGER A. (2007a). « Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves ; les phénomènes qu'il peut/doit traiter », *in* G. Sensevy, A. Mercier (éd.), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, p. 51-91.
Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner.* New York: Basic Books.
Schön, D. A. (1994). *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel.* Éditions Logiques: Montréal .
SENSEVY G. (2007). « Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique », *in* G. Sensevy, A. Mercier (éd.), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, p. 13-49.
Vacher, Y. (2011). *Dispositif d'Analyse Réflexive de Pratiques Professionnelles En Groupe d'Echange (Arppèg).* Consulté le 11 07, 2016, sur unamur.be: https://www.unamur.be/det/pfc/salledespros/ressources/analysedespratiques/diaporama
Vergnaud , G. (1995). Quelle théorie pour comprendre les relations entre savoir-faire et savoir ? Dans A. Bentolila, *Savoirs et savoir-faire.* Paris: Nathan.
VERGNAUD, G. (2001). *Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance.Conférence publiée dans les Actes du Colloque GDM-2001.MONTREAL Mai 2001.* Consulté le 05 2012, 22, sur http://smf4.emath.fr/Enseignement/TribuneLibre/EnseignementPrimaire/ConfMontrealmai2001.pdf
Wentzel, B. (2010). Le praticien réflexif : entre recherche, formation et compétences

professionnelles. (A. d. HEP-BEJUNE, Éd.) *Recherche et formation à l'enseignement : spécificités et interdépendance*.

Quelques séances de Mathéma-TIC,
états des lieux, expérimentations et perspectives
-I- Première année du baccalauréat sciences mathématiques

Abdelilah Lamrani Alaoui[1], Abdellah Zerouali[2], Mustapha Alami[3] et Ahmed Jamea[4]

Résumé

Dans ce travail on s'intéresse à une intégration effective des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) dans l'enseignement des mathématiques. Nous proposons pour cela des scénarisations de quelques séances où les mathématiques seront pratiquées via des NTIC (Nouvelles TIC) c'est ce que nous baptisons Mathéma-TIC.
Une analyse du programme et des manuels de la classe cible, du point du vue ressources numérique, est donnée. Le besoin aux ressources répondant aux spécificités de l'élève marocain est souligné et quelques exemples d'alternatives sont présentés.

Mots clés : Mathématiques, Pratiques enseignantes, TICE, Scénario pédagogique.

3. Introduction

L'attractivité des mathématiques comme discipline enseignée au collège, au lycée, ou comme métier à exercer par son enseignement, souffre ces dernières années. Il suffit de comparer les pourcentages des étudiants qui choisissent d'étudier dans les branches des sciences mathématiques aux universités marocaines - entre un passé très proche et nos jours - pour s'en rendre compte. Encore plus, depuis notre affiliation au CRMEF(s) nous avons constaté que le métier d'enseignant de mathématiques (entre autres) n'est plus un premier choix pour les licenciés, jusqu'à noter un déficit remarquable dans ce profil.

Ce manque d'attractivité est causé, entre autres facteurs, par le manque de participation des élèves dans leurs enseignements. Cette remarque qu'on peut qualifier d'ancienne ou de transversale à toutes les matières était la motivation principale des nouvelles vagues pédagogiques et didactiques qui privilégient le rôle de l'apprenant dans le processus d'enseignement-apprentissage. Cette remarque trouve encore une fois sa pertinence quand il s'agit de l'enseignement des mathématiques qui échappe souvent à tout essai de modernisation. Nous pensons dans ce travail à comment peut devenir l'enseignement des mathématiques, dans un future proche, pour garantir l'engagement de l'élève dans ses apprentissages mathématiques, comment réaliser l'épanouissement des élèves en faisant des mathématiques.

[1] Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation Fès-Meknès. Siege principal. lamranii@gmail.com.
[2] *Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Oujda.* abdellahzerouali@yahoo.fr.

[3] Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation Fès-Meknès. Siege principal. alami08@gmail.com.
[4]*Centre régional des métiers de l'éducation et de formation Casablanca-Settat,* El Jadida- Maroc. a.jamea77@gmail.com

Après la collecte de nombreux témoignages et citations de chercheurs en didactique et une analyse de pratiques enseignantes notamment celle de la gestion, nous proposons un renouveau de pratique se basant sur une intégration effective des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans une classe de mathématique du secondaire qualifiant.
Nous présentons les scénarios de quelques séances où les élèves de la première année du baccalauréat vont pouvoir pratiquer via leurs ordinateurs portables ou leurs tablettes (mais pas leurs téléphones) des mathématiques en classe et chez eux, c'est ce que nous appelons désormais Mathéma-TIC. Cette pratique va depuis la construction du savoir (concept) jusqu'à son évaluation et sera aussi - comme nous le présenterons - au service des valeurs communes de la nation.
Notons que :

> « L'organisation par le professeur d'un milieu permettant de favoriser le recours à l'expérience est une tâche complexe et exigeante[5]. »

Les résultats exposés dans cette communication sont dégagés depuis une expérimentation en cours, cette même année scolaire 2017/2018 et la prochaine 2018/2019, dans quelques unes des régions du Maroc : Fès-Meknès, L'Oriental, Rabat-Salé-Kenitra, Casablanca-Settat, Drâa-Tafilalet.

Nous commençons par un aperçu historique sur les TIC et les maths puis à une analyse de la présence des TIC dans les manuels scolaires actuels, après nous passons aux propositions pour enfin donner des conclusions et quelques perspectives.

4. Les TICs et l'enseignement des Maths au Maroc

Nous commençons par soulever le rôle des TIC dans l'éducation et l'enseignement en général puis nous passons à leurs impacts sur l'enseignement des mathématiques ailleurs et chez nous.

1.1 Les TIC, l'éducation et l'enseignement

Quelle est la mission de l'école d'aujourd'hui? Une question délicate qui mérite plusieurs heures de discussions et de débats. Cependant, Nous pouvons avancer comme éléments de réponses clés : l'éducation et l'enseignement ...
L'enfant et l'adolescent de nos jours vivent dans une société où le numérique est omniprésent, l'attractivité des NTIC peut même détourner les intérêts des individus et leur faire changer de caps. Les acteurs en éducation : parents, militants et activistes associatifs, politiciens, instituteurs, professeurs et formateurs tous doivent revoir leurs méthodes et manières d'éduquer, agir, proposer, gérer, instruire, enseigner et former. De nombreux chercheurs ont analysé le rôle des TICs dans l'éducation. Bibeau(2007) a conclu que

> l'intégration des TIC en éducation de façon général améliore la motivation des élèves et permette le développement des opérations cognitives d'ordre supérieur6.

D'autres ont analysés et étudiés l'intégration des TICs dans l'enseignement en général, Cleary, Akkari et Corti (2008) ont distingués cinq facteurs déterminants pour une intégration positive des TICs en une classe :

- La formation;
- Le contexte environnemental;
- Les variables individuelles;
- Une communauté et un réseau humain de soutien;
- Le temps que l'on est disposé à y consacrer.

[5] Viviane Durand-Guerrier
[6] https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0704b.htm

- Respecter le contexte environnemental, les variables individuelles, ce sont des aspects qui constituent un défis culturel où la question des valeurs est présente. Tout essai d'introduction des TIC dans le système d'éducation et d'enseignement par les acteurs spécialisés ou intéressés heurte à cette réalité.

Chez nous : Le conseil économique, social et environnemental dans son rapport du 17/2014 intitulé « l'école, les nouvelles technologies et les paris culturels » demande :

De coordonner et harmoniser, institutionnellement, autour des TIC, et en particulier avec l'Académie Hassan II des sciences et Techniques et le CNRST, pour donner plus de poids aux TIC dans le SEF et dans les activités de la « Semaine Nationale des Sciences ».

Le développement de la recherche action contextualisée dans l'ensemble des domaines en relation avec les TIC (didactique, expériences d'enseignement, sociologie, impact sur la culture, les comportements et les valeurs ...) est un axe
majeur pour une appropriation des TIC.

Préserver et enrichir le patrimoine culturel national à travers la production de contenus numériques marocains aussi important que possible sur la toile, et encourager les élèves et les jeunes à visiter ces sites en priorité, surtout lorsqu'ils cherchent à se documenter sur notre culture, notre histoire et nos valeurs.

Le rapport de Janvier 2017 du Conseil Supérieur de l'éducation de la Formation et de la Recherche scientifique (CSEFRS) sur « L'éducation aux valeurs dans le système d'éducation, de formation et de recherche scientifique » fonde son approche sur la conviction que l'éducation aux valeurs fait partie intégrante des fonctions de l'école et constitue l'un des principaux vecteurs de l'inclusion sociale et culturelle des générations d'apprenants et pour garantir la cohésion sociale. Il s'agit en même temps de l'un des leviers pour la constitution et la mise à niveau du capital humain. Le développement et l'imprégnation par les valeurs sont en définitive un levier pour la promotion du système éducatif et pour l'amélioration de sa qualité à tous les niveaux[7].

Ce rapport insiste sur l'introduction du multimédia et de l'espace numérique aux établissements scolaires pour :

Encourager la créativité et l'innovation dans l'éducation, en particulier le développement des compétences de communication et d'utilisation des outils technologiques;

Développer les rôles des médias dans les établissements scolaires ;

Mettre à profit, dès les premiers niveaux scolaires, les outils informatiques et la culture numérique dans les programmes et activités d'éducation aux valeurs, et en garantir une utilisation optimale par les apprenants;

Favoriser le développement de l'esprit critique, et du comportement civique et créer un espace numérique propre à l'établissement ou à la région scolaire, au sein duquel les apprenants peuvent trouver des ressources liées au système des valeurs et participer à des débats sur les questions qui s'y rapportent.

C'est ce qui nous a incités, entre autres facteurs, de penser à la question des valeurs en relation avec l'utilisation des TIC dans l'enseignement et la formation en Maths.

1.2 Les TICs et les Maths

Depuis les années 60 ; quand Seymour Papert -mathématicien, informaticien et éducateur- avait proposé et défendu sa vision -perçu autrefois comme de la science-fiction pour l'utilisation des ordinateurs comme instruments d'apprentissage, stimulateur de créativité et d'innovation. Passant par la conception, par Papert aussi du langage de programmation Logo, pendant les années 80, puis à sa collaboration avec les firmes Apple, IBM, Nintendo, Lego, NSF. Les premières activités d'apprentissage basées sur un navigateur pour les enfants sur le Net ont vu jour. Les études de l'impact d'introduction des TICs à l'enseignement des mathématiques se sont

[7] http://www.csefrs.ma/publications/leducation-aux-valeurs-dans-le-systeme-deducation/?lang=fr

multipliées jusqu'à une modification des pratiques dans les classes de mathématiques :
« Le développement des technologies informatiques a profondément modifié les pratiques associées au calcul, tant les pratiques quotidiennes et sociales que les pratiques
scientifiques. La plupart des algorithmes de calcul dont l'apprentissage occupait un temps important de la scolarité, notamment dans l'enseignement obligatoire, sont aujourd'hui implantés dans les calculatrices les plus simples. »

- Extrait de la page 171 du Rapport Kahane, 2002 -

Ce même rapport avance que :
« Les calculatrices sont dans (presque) tous les cartables et leurs performances sont étonnantes. Elles manient désormais le calcul symbolique. Elles factorisent, dérivent, intègrent, trouvent des développements de Taylor. Elles tracent les graphes, permettent de construire des figures géométriques planes. Elles peuvent simuler sans effort le comportement de systèmes dynamiques discrets simples. Elles traitent les données statistiques, simulent des marches aléatoires. L'enseignement des mathématiques ne peut pas ne pas en tenir compte ».
Nous vivons actuellement dans le monde que souhaitait Papert, un ordinateur portable pour chaque élève est devenu une réalité ailleurs et (presque) dans quelques région chez nous. Les avantages d'une telle réalité sont nombreuses, allant de la possibilité de pratiquer une vraie pédagogie différenciée en respectant les différences des élèves, personnaliser le rythme d'apprentissage, inverser les classes jusqu'à la possibilité de donner du sens aux apprentissages en résolvant des problèmes concrets avec des données et mesures réelles.
Mais nous devons quand même signaler quelques problèmes que peut causer une mauvaise pratique des TICE : Le glissement causé par le mauvais choix d'activité ou d'outils ou bien d'une préparation insuffisante à une telle intégration peut faire échouer le processus d'enseignement-apprentissage. Notons enfin que les outils TIC ne doivent être perçus que comme cheval de Troie comme le disait Papert :

Technology serves as a Trojan horse all right, but in the real story of the Trojan horse, it wasn't the horse that was effective, it was the soldiers inside the horse. And the technology is only going to be effective in changing education if you put an army inside it which is determined to make that change once it gets through the barrier

Papert (Schwartz, 1999)

Le risque du tout numérique est présent chez de nombreux chercheurs et peut nuire à la relation vivante élève-professeur, une intégration modérée et bien pensée est à concevoir.
Devant la multiplicité des logiciels, des approches pédagogiques et didactiques, la conception d'une base de données de situations TICE est devenu une nécessité, c'est ce que conclu Bibeau (2007) : Il est nécessaire de mettre à la disposition des enseignants des ressources numériques normalisées et indexées. Tel est notre souci dans cet article et d'autres qui suivront : L'essai de production de scénarios à mettre en action dans une classe de mathématiques au secondaire marocain. Des produits adaptés aux contenus enseignés et aux spécificités marocaines.

1.3 Les TICs et les Maths au Maroc

L'intégration des TICs dans le processus d'enseignement-apprentissage est au centre des préoccupations du ministère de tutelle depuis fort longtemps : la charte nationale d'éducation et de formation insiste, surtout au levier 10 : Utiliser les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.
119- Afin d'optimiser l'emploi des ressources éducatives et de tirer meilleur partie des technologies modernes, il sera fait recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) et principalement en matière de formation continue. Cependant, cet objet ne serait être confondu avec la substitution systématique des média-technologiques à la véritable relation pédagogique fondatrice de l'acte éducatif : la relation vivante maitre-élève, basé sur la compréhension et le respect. Cette relation d'un point de vue -psychologique- a fait objet d'étude

de Lamrani, Zerouali et Alami (2017).
-Les NTIC doivent être investies en tant que voies de l'avenir et, à tout le moins,
elles doivent être mises à profit immédiatement pour:
- parer, autant que possible, aux difficultés d'enseignement ou de formation continue des enseignants, liées à l'éloignement ou à l'enclavement des apprenants cibles ;
- s'appuyer sur l'enseignement à distance aux niveaux collégiaux et secondaires, pour les régions éloignées;
- avancer vers l'égalité des chances d'accès aux ressources documentaire, aux bases de données et aux réseaux de communication, tout en résolvant, rapidement et à moindre frais, les problèmes liés à l'insuffisance et à l'inégale répartition des ressources documentaires de base.
Dans cet esprit, les autorités d'éducation et de formation accéléreront, en partenariat avec les opérateurs qualifiés, la conception et la mise en place de programmes de télé-enseignement et d'équipement des écoles en nouvelles technologies d'information et de communication qui devront devenir opérationnels, à titre d'expériences-pilotes, dès la rentrée scolaire et académique 2000-2001, pour être étendus progressivement.
120- Chaque établissement d'éducation-formation veillera à faciliter l'acquisition des équipements informatiques et des différents matériels et outils pédagogiques et scientifiques par le biais d'achats groupés à desconditions préférentielles, en faveur des enseignants, des apprenants et du personnel administratif.
121- Considérant que la technologie pédagogique joue un rôle déterminant et croissant
dans les systèmes et méthodes d'enseignement et vu l'article 119 de la présente charte, les autorités d'éducation et de formation veilleront à intégrer ces technologies dans la réalité de l'école, sur la base de l'objectif suivant : un centre informatique et une bibliothèque multimédia dans chaque établissement au terme de la décennie prochaine à partir de la rentrée scolaire 2000-2001.
Le programme GENIE (GÉNéralisation des Technologies d'Information et de Communication dans l'Enseignement) lancé en 2005 et dernièrement récompensé, le mercredi 07 Mars 2018, à Paris du Prix UNESCO-Roi Hamad bin Issa Al Khalifa 2017 pour l'utilisation des technologies de l'information et de la communication dans l'éducation. Ce programme, qui s'inscrit dans le cadre d'une stratégie nationale visant à généraliser les TIC, a permis de doter 70% des écoles marocaines d'Internet dont 40% en milieu rural et de former plus de 260.000 enseignants à l'usage des TIC, à travers plus de 200 colloques mais aussi des cours de formations à distance8.
Une des ressources remarquables de ce programme - concernant les maths - est le guide du laboratoire nationale des ressources numériques intitulé : Guide pédagogique pour l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques aux cycles secondaire collégiale et secondaire datant de Septembre 2012, où des exemples de scénarios pédagogiques sont présentés.
Pourtant, la réalité des manuels et de la gestion des séances est loin de satisfaire cette ambition :
Nous avons analysé l'ensemble des 32 séquences introduisant les TIC pour faire des Maths dans les manuels de la première sciences et mathématique : Al Moufid, Al Moustakbal et L'Archipel.
Premières constations : Quantitative !

Manuel	Al Moufid	Al Moustakbal	L'Archipel
Nombre de Séquences	5	6	21

Qualitativement, nous avons noté le fait que quelques outils TIC ont étés introduits sans valeurs ajoutées et que aucune ne fait allusion aux valeurs (dans le sens éducation)! (Nous analyserons davantage les ressources présentées dans de prochains travaux).

[8]- http://www.leseco.ma/enseignement/535-enseignement/64343-genie-un-programme-marocain-recompense-a-paris.html

2. L'expérimentation

Nous avons choisi de faire des expérimentations pilotes avant celles programmés pour l'année 2018/2019 et étalés sur plusieurs régions du Royaume, comme indiqué à l'introduction, avec des groupes tests et autres témoins. Ces expérimentations sont faites en vue de régulations et de rectifications.
Les exemples de scénarios communiqués dans ce travail ainsi que les témoignages recueillis concernent une classe de première baccalauréat Science Mathématique comportant 29 élèves d'un lycée de la région de Fès-Meknès.
Le choix de la classe cible est motivé par les faits suivants :

- Les élèves de la première ont passé le tremplin du tronc commun scientifique où la sensibilisation aux preuves et à la démonstration entamée depuis les années du collègue a atteint un niveau acceptable.
- Le chapitre de "logique et raisonnements mathématiques" au début de l'année est fini, ce qui permet la discussion "soutenue" des résultats obtenus via les outils TIC et des conjectures à démontrer.
- Les élèves de la première Bac n'ont pas à passer un examen final en Mathématique, ce qui minimise la résistance -interne et/ou des parents- imposé par la "monotonie" des modèles de l'examen national.
- L'intérêt des élèves de cette année pour les matières qu'ils ont à passer à la fin de l'année au détriment des matières scientifiques en particulier les Maths est régulé par l'introduction intelligente des TIC dans les pratiques de classe.
- Le choix de la section - Science mathématique - est motivé par la particularité et des contenus et des élèves de cette section par rapport à ceux de la section science expérimentale, ce qui permet de proposer des activités plus avancés.

2.1 Matériels et logiciels choisis

■ *A propos du matériel*

Les séances proposées peuvent être pratiquées dans une salle multimédia où les élèves travailleront en groupes ou individuellement ou bien dans une salle ordinaire équipées d'un data show et un ordinateur et/ou un tableau blanc interactif (TBI). Elles peuvent aussi êtres pratiquées dans un environnement plus évolué où les élèves utiliseront leurs tablettes ou PC connectés au TBI o\'u le professeur peut faire visionner - via NetSchool par exemple - à l'ensemble de la classe les meilleurs exploits de ces élèves.
En ce qui nous concerne nous avons travaillé avec tablettes et ordinateurs portables.

■ *A propos du logiciel*

La bibliothèque numérique sur internet contient un abondant choix de logiciels éducatifs payants et gratuits, de nombreuses études comparent quelques uns : voir par exemple A. BOILEAU(2008). Pourtant la culture free gagne plus de train, il suffit de voir des essais comme Venema, G. (2013) de la MAA (Mathematical Association of America) ou celui des IREM(s) de France Vande brouck, F. et Artigue, M. (2016) et autres essais intéressants pour se rendre compte que le logiciel Geogebra, en particulier, occupe une place intéressante dans l'enseignement des Mathématiques.
Nous avons donc opté pour GeoGebra : Un logiciel de géométrie dynamique en 2D et 3D c'est-à-dire qu'il permet de manipuler des objets géométriques (cercle, droite et angle, par exemple) et

de voir immédiatement le résultat. Il vient aussi avec un ensemble de fonctions algébriques. Le logiciel a été élaboré par Markus Hohen warter, professeur autrichien travaillant à l'Université de Linz et a été développé par une équipe internationale de programmeurs.
Caractéristiques et avantages de GeoGebra :

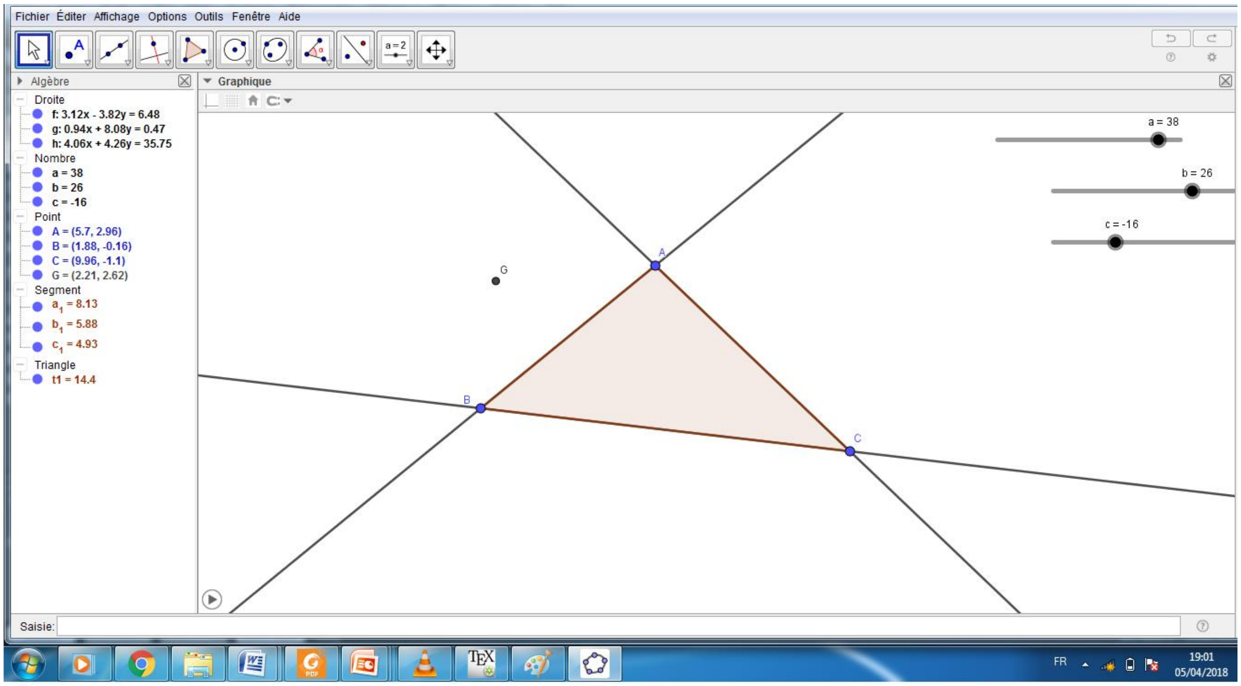
- Logiciel libre : c'est-à-dire que l'utilisateur peut le télécharger et l'utiliser gratuitement et "open source"c'est-à-dire que l'utilisateur a le droit d'effectuer desmodifications.
- Des mises à jour régulières.
- Facilité d'utilisation : GeoGebra est doté d'une interface simple et facile à utiliser.
- Relier différents aspects (algébrique, géométrique,...) d'un même concept ou d'une même situation.
- Explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations.
- Émettre des conjectures à partir d'une expérimentation interactive lors de l'étude d'un problème comportant des questions ouvertes ou d'une certaine complexité.
- Sa communication avec Excel, Latex et Xcas.
- Une abondante banque de ressources et d'activités : https://wiki.geogebra.org/fr/Accueil;GeoGebraTube; ...

Geogebra est régulièrement récompensé depuis 2002, nous citons :

- Archimedes 2016: MNU Award in category Mathematics (Hamburg, Germany).
- Microsoft Partner of the Year Award 2015: Finalist, Public Sector: Education (Redmond, WA, USA).
- MERLOT Award for Exemplary Online Learning Resources - MERLOT Classics 2013 (Las Vegas, Nevada, USA).
- NTLC Award 2010: National Technology Leadership Award 2010 (Washington D.C., USA).
- Tech Award 2009: Laureate in the Education Category (San Jose, California, USA).
- BETT Award 2009: Finalist in London for British Educational Technology Award.

Quelques ressources pour la première année du Baccalauréat scientifique

La géométrie présente un terrain adéquat pour l'usage des TIC vu, entre autres, le dynamisme, la possibilité de rectification instantanée et plusieurs aspects proposés par les logiciels de géométrie.
Les exercices de lieu et de construction sont des exemples courant pour l'utilisation de GeoGebra.
Nous avons présenté aux élèves, à l'occasion du cours du barycentre, une activité dont le support est le suivant :



Il s'agit de reproduire la figure ci-dessus où $G = bary\{(A,a),(B,b),(C,c)\}$et de conjecturer le lieu du barycentre G en fonction des poids a, bet c.

Ce type d'activité que nous qualifions de simple avait des retombés intéressants sur la classe : nous avons remarqué que même les élèves moyens avaient de "l'appétit" pour attaquer des questions -délicates- concernant les coordonnées barycentriques des centres d'un triangle ...

L'étude des fonctions numériques est un chapitre intéressant aux yeux des professeurs, vu les possibilités qu'il offre : passage du registre sémiotique à autre, la manipulation algébrique de quelques situations issues de la vie courante ... Mais aux yeux des élèves aussi qui y voient - lorsqu'ils pensent de façon purement pragmatique - un cours sur lequel le plus grand pourcentage de la note de l'examen national en mathématique est concentré[9]! et encore puisque, pour quelques- uns d'entre eux, les sections travaillées dans ce chapitre leurs permettent de retrouver des résultats de façon directe et avec le moindre effort : c'est le cas de quelques inégalités par exemple.

Nous avons donc proposé de faire, via une séance de travaux pratiques, un diagnostic où les élèves de la première science Maths et Expérimentale auront à tester leurs acquis du tronc communs, de la façon la plus exhaustive possible, en utilisant un matériel informatique mais aussi et surtout en ayant recours à un environnement papier. Dans une autre activité les élèves découvrirons la composée de deux fonctions point par point.

Un diagnos-TIC pour les premières sciences

[9] - Cadre de référence de l'examen national de baccalauréat marocain- Centre national de l'évaluation, des examens et de l'orientation. Octobre 2015.

Série 1

Geogebra et les fonctions numériques - I-

Pour toute discussion, remarque ou commentaire vous pouvez utiliser le forum en bas de page.

Ceci est une première série des :
Mathéma-TIC : *Les maths par les technologies de l'information et de la communication.*
L'objectif est de pratiquer via un ou plusieurs logiciels libres des mathématiques pour les $1^{ère}$ BIOF. SM.
Cette série est consacrée à la suite du diagnostique sur les fonctions numériques.
Le choix du logiciel est : Geogebra.

Activité 1

Le plan $(\mathcal{P})$ est rapporté au repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$. On considère les deux fonctions suivantes :

$$f(x) = x^2 - 3x \text{ et } g(x) = \frac{3-x}{x+2}.$$

$\boxed{1}$ -

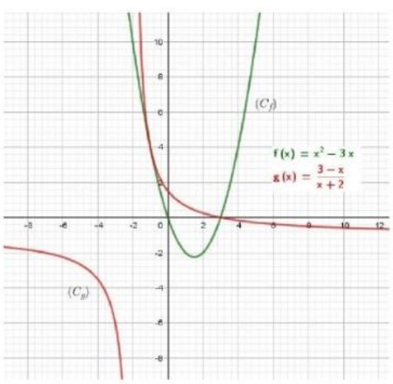
a) -En saisissant, dans la zone de saisie de Geogebra, l'ordre

```
f(x)=x^2 -3x
```

et en validant par la touche entrée, puis l'ordre

```
g(x)=(3-x)/(x+2)
```

et en validant, encore une fois par la touche entrée, obtenir les courbes $(\mathcal{C}_f)$ et $(\mathcal{C}_g)$ suivantes.



b) - Déterminer, graphiquement, les solutions de l'inéquation $(I) : f(x) \geqslant g(x)$.

c) - Retrouver, algébriquement, la solution de (I).

$\boxed{2}$ - On considère les fonctions h et l suivantes :

$$\begin{cases} h \text{ est une fonction paire,} \\ (\forall x \geqslant 0) : h(x) = f(x). \end{cases}$$

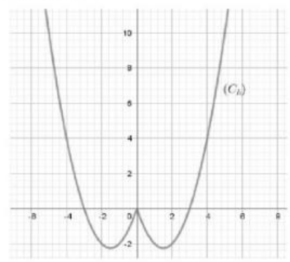
et

$$\begin{cases} l \text{ est une fonction impaire,} \\ (\forall x \geqslant 0) : l(x) = f(x). \end{cases}$$

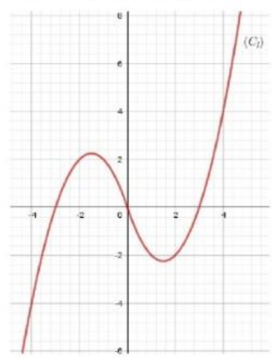
a) - En saisissant

```
h(x)=Si(x>=0, f(x), f(-x) )
```

dans la zone de saisie, obtenir la courbe de la fonction h :



b) - Retrouver en utilisant Geogebra la courbe suivante : celle de la fonction l.



c) - Discuter, suivant la valeur du réel m, le nombre des solutions de chacune des équations :

$$h(x) = m \text{ et } l(x) = m.$$

La composée de deux fonctions par GeoGebra

Mathéma-TIC 1ère BIOF. SM

Série 2

Geogebra et les fonctions numériques - II-

Pour toute discussion, remarque ou commentaire vous pouvez utiliser le forum en bas de page.

Mathéma-TIC : *Les maths par les Technologies de l'Information et de la Communication.*
L'objectif est de pratiquer via un ou plusieurs logiciels libres des mathématiques pour les 1ère BIOF. SM.
Cette série est consacrée à la construction de la courbe de la composée de deux fonctions numériques, point par point...

On considère les fonctions f et g définies par :
$f(x) = \dfrac{2x+3}{x^2+4}$ et $g(x) = \dfrac{2x+1}{x-2}$.

-I-

1 - Donner les domaines de définition de f et g.

2 - Déduire le domaine de définition de gof.

3 - Donner l'expression de $gof(x)$.

4 - Saisir dans la zone de saisie de Geogebra l'expression trouvé dans la question précédente pour construire la courbe gof.

5 - En cliquant droit sur la courbe retrouvée, on choisi Afficher l'objet pour la cacher.

-II-

L'objectif de ce qui suit est de retrouver la courbe de la fonction gof point par point depuis les courbes des fonctions f et g.

1 - En saisissant l'ordre

f(x)=(2x+3)/(x^2 +4)

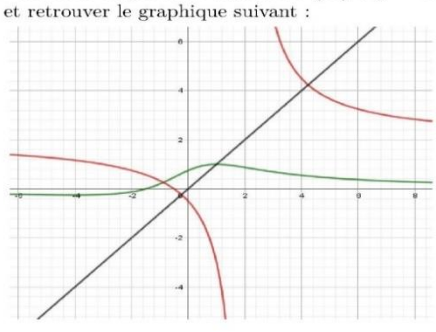
et en validant par la touche entrée, donner la courbe de la fonction f.

2 - En saisissant l'ordre

g(x)=(2x+1)/(x −2)

et en validant par la touche entrée, donner la courbe de la fonction g.

3 - Dessiner la première bissectrice (D) : $y = x$ et retrouver le graphique suivant :



4 - En cliquant sur a=2 définir une variable a dans l'intervalle et avec l'incrément :

Intervalle
min: -20 max: 20 Incrément: 0.001

5 - Saisir, dans la zone de saisie :

M0=(a ,0)

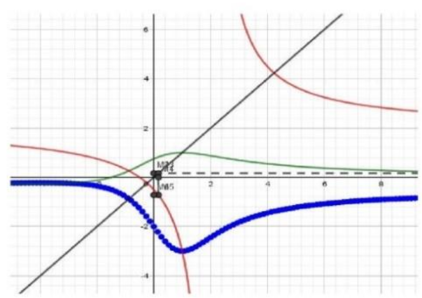
puis

M1=(a , f(a)) ,M2=(f(a) , f(a)) , M3= (f(a) ,0)

et enfin

M=(f(a) ,g(f(a)))

6 - En cliquant droit sur le point M et en affichant la trace avec Afficher la trace et en faisant animer le curseur a. retrouver la figure suivante



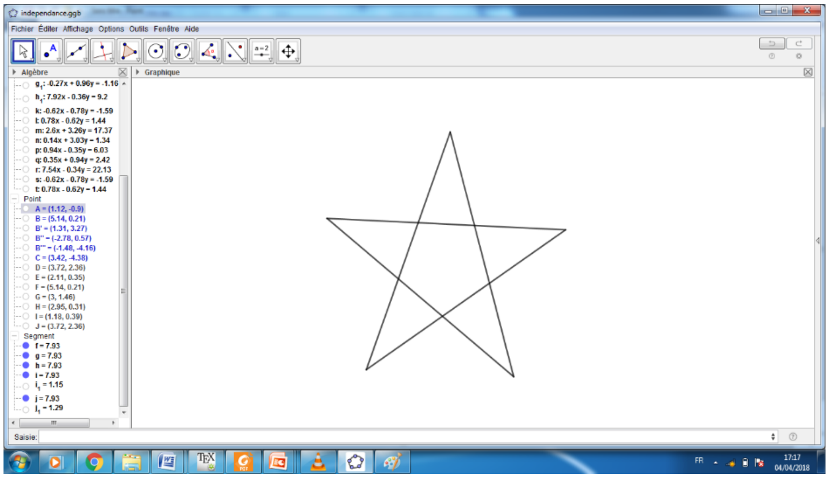
7 - Ré-afficher la courbe de gof et comparer vos résultats (Corriger si nécessaire).

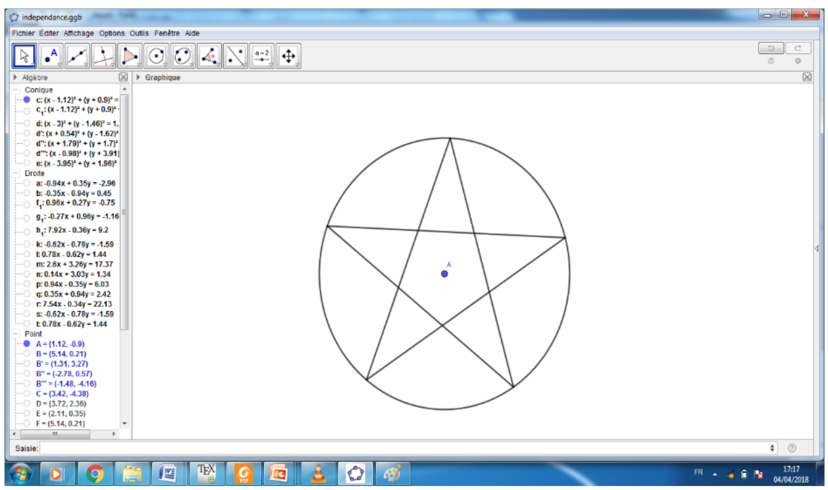
Vous pouvez consulter une vidéo de cette activité sur ......

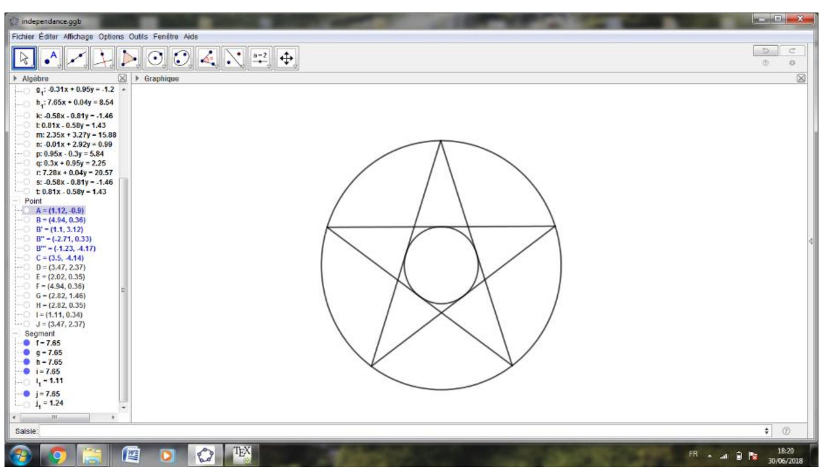
www.math4all.jeun.fr 1/1

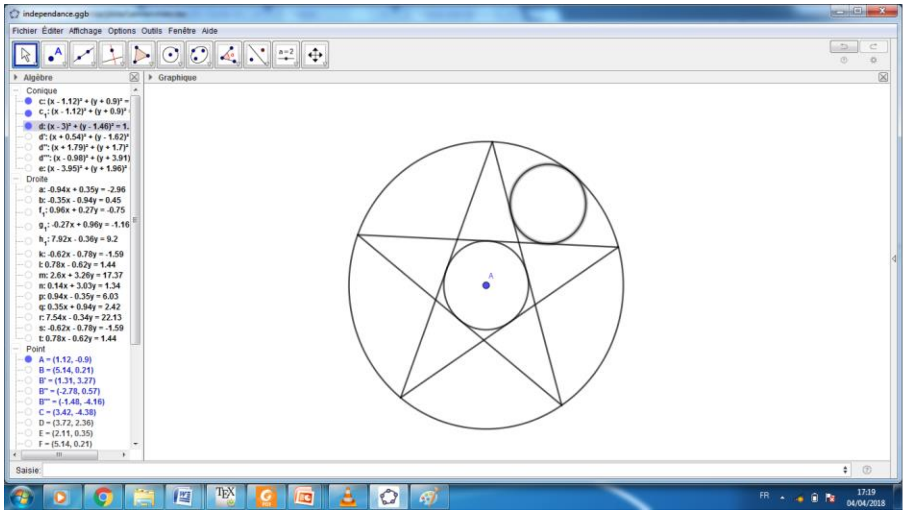
Les TIC au service des valeurs.

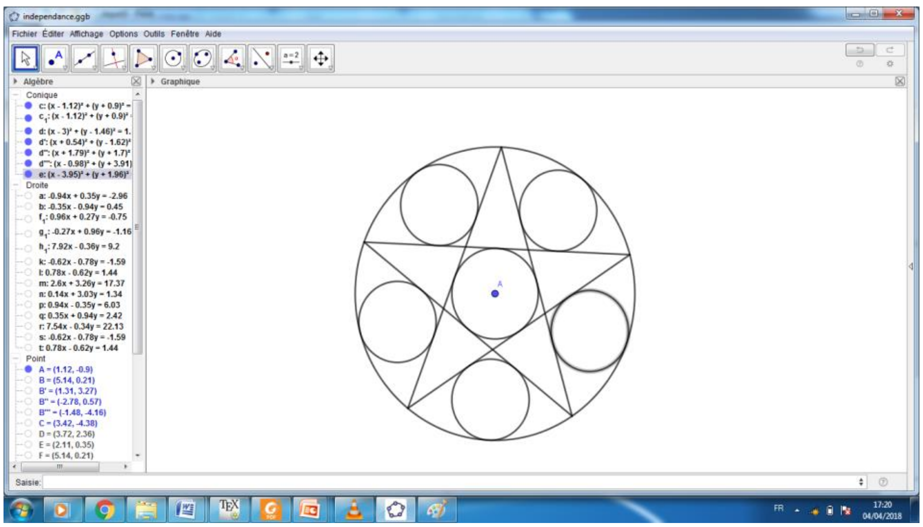
A l'occasion du cours de rotation et en essayant de produire des ressources faisant allusion aux valeurs communes de la nation nous avons revisité un ancien Sungaku Japonais pour proposer une activité dont le défi est double : les élèves auront en premier lieu à construire à l’aide de GeoGebra dans l'ordre et en respectant les étapes les figures suivantes :



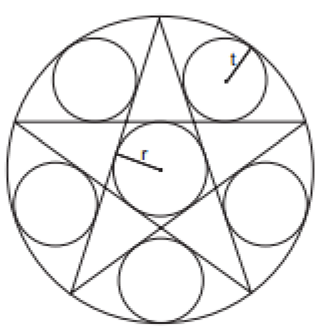








Ensuite ils conjectureront sur un rapport de deux rayons:



Il s'agit de montrer que $t = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}r$. Ils se lanceront ainsi dans la démonstration[10].

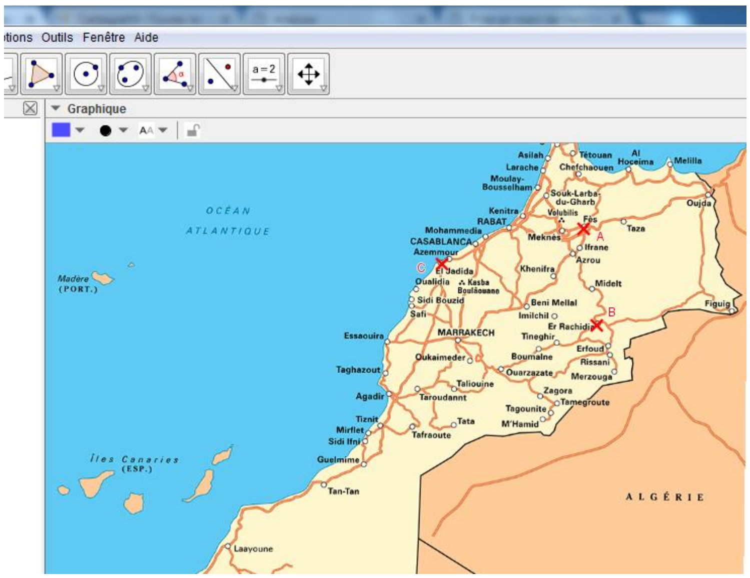
[10] Cette activité a été proposé via un forum particulier -en utilisant une pédagogie inversée - pour que les élèves la travaille chez eux, le professeur leurs répondent en ligne.

Et à l'occasion du cours du barycentre nous avons proposé l'activité suivante[11]:

Une Activité concernant le barycentre :

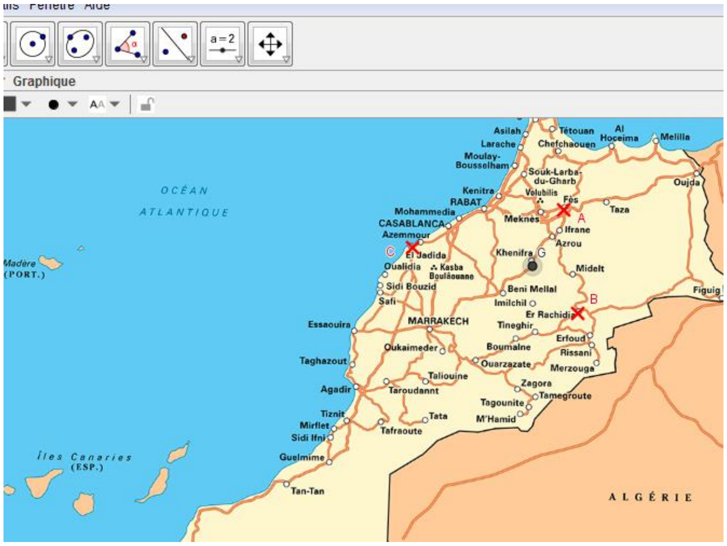
Une entreprise nationale compte distribuer ses produits dans les villes de Fès, El Jadida et Errachidia dont les tonnages journaliers seront respectivement 650, 980 et 540.
Elle veut dans le but de minimiser ses coûts de trafic, implanter une zone de stockage autour de ces trois villes et cherche donc un emplacement stratégique. Aider les gérants de cette entreprise.

Ceci est une activité qui ne pourra se faire que via un logiciel de géométrie et en insérant une carte numérique du Royaume :



Après les élèves peuvent ou bien chercher les coordonnés du barycentre cherché après avoir muni le plan d'un repère ou bien chercher directement via les fonctions prédéfinies dans GeoGebra

[11] Cette activité a été pratiquée en classe.

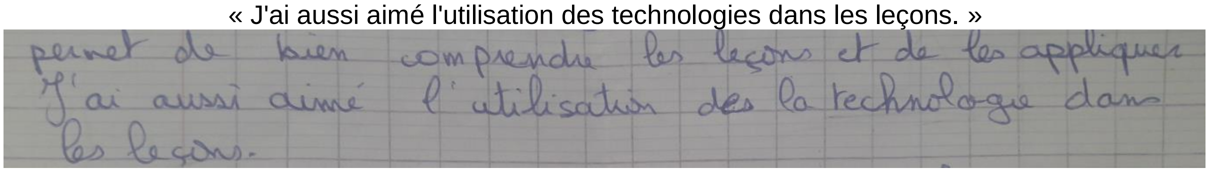


Les élèves déduiront que la zone de stockage doit être construite dans la région de khenifra.

Témoignages de quelques élèves

Nous présentons dans ce qui suit deux témoignages de deux élèves qui parlent des deux façons avec lesquels ils ont pratiqué les Maths via les TICs : La première concerne la pratique des Maths en utilisant Geogebra dans la classe, la deuxième est à propos d'un essai d'inversion de classe où les deux dernières activités motivées par l'introduction de valeurs communes de la nation sont postés sur un forum de classe et y sont discutés.
A noter que la majorité de nos élèves et même des professeurs stagiaires -au sein des CRMEFs- écrivent peu lorsqu'il s'agit de décrire leurs points de vue sur des concepts ou outils mathématiques, et même pour écrire des textes descriptifs de figures ou des commentaires sur des textes scientifiques présentés[12].

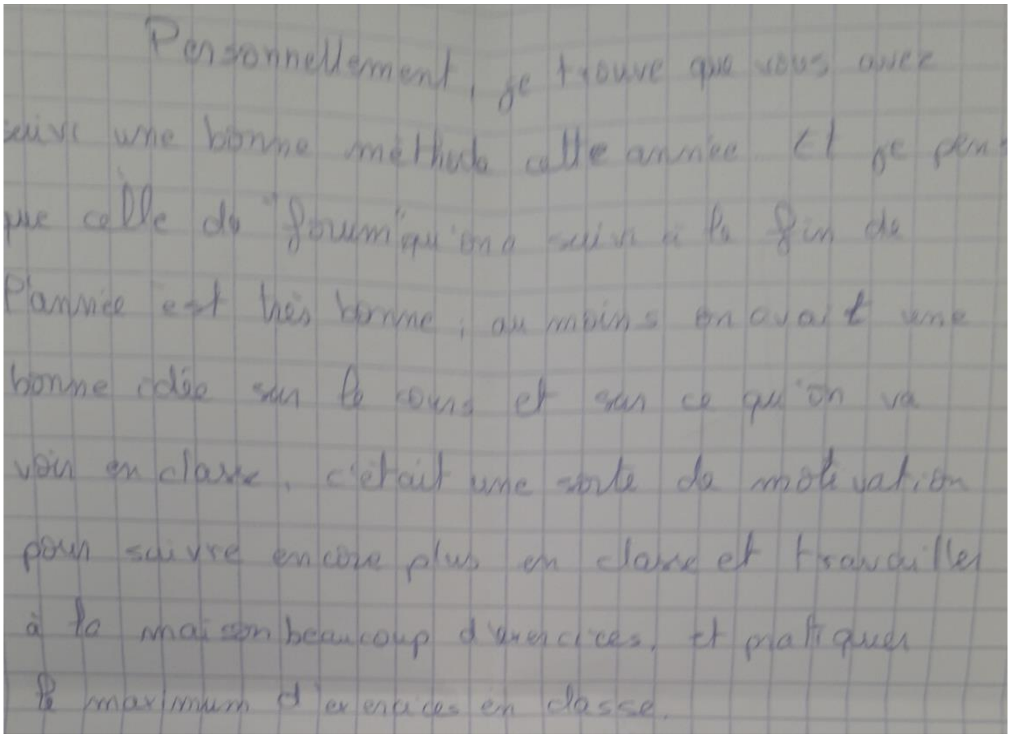
« J'ai aussi aimé l'utilisation des technologies dans les leçons. »



- Premier témoignage -

« ... et je pense que celle du "forum" qu'on a suivi à la fin de l'année est très bonne. Au moins on avait une bonne idée sur le cours et sur ce qu'on va voir en classe. C'était une sorte de motivation pour suivre encore plus en classe et travailler à la maison beaucoup d'exercices, et pratiquer le maximum d'exercices en classe ... »

[12]- Ceci fait l'objet d'une étude en cours : La rédaction dans l'enseignement et la formation des Mathématiques.


Personnellement, je trouve que vous avez suivi une bonne méthode cette année. Et je pense que celle du "forum" qu'on a suivi à la fin de l'année est très bonne ; au moins on avait une bonne idée sur le cours et sur ce qu'on va voir en classe, c'était une sorte de motivation pour suivre encore plus en classe et travailler à la maison beaucoup d'exercices, et pratiquer le maximum d'exercices en classe.

- Deuxième témoignage -

Conclusion

Nous avons conclus, depuis l'expérimentation que nous avons pratiquée, que les élèves s'engagent davantage dans leurs enseignements mathématiques quand ces dernières sont véhiculées via des supports et des outils numériques. Encore plus, le choix « intelligent » des contenus permet d'atteindre, modulo des efforts nettement moins, une qualité d'enseignement supérieur en un temps raisonnable. Enfin nous sommes arrivés à un degré de motivation chez les élèves qui nous a permet d'inverser la classe et de gagner le développement de la qualité d'autoformation chez les élèves et la possibilité de faire plus d'exercices en classe …

Perspectives

- Les exemples présentés dans ce travail ont fait l'objet d'expérimentation pilote dans diverses régions marocaines, dans l'optique de faire d'autres dans plusieurs régions marocaines et en présence de groupes témoins, c'est ce que nous envisageons pour l'année scolaire 2018/2019.
- Nous envisageons d'élargir l'expérience à toutes les années du secondaire qualifiant.
- ...

Références bibliographiques :

Bibeau, R. (2007) Les technologies de l'information et de la communication peuvent contribuer à améliorer les résultats scolaires des élèves. EpiNet, 94.

A. BOILEAU.(2008) Cabri Géomètre II Plus vs GeoGebra: Comparaison détaillée.

http://profmath.uqam.ca/~boileau/Explorations2008/Comparaison.pdf

Chaachoua, H. (2000, June). Usage des TICE dans l'enseignement: Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques?

Cleary, C., Akkari, A. et Corti, D. (2008). L'intégration des TIC dans l'enseignement secondaire. Revue des Hautes écoles pédagogiques et institutions assimilées de Suisse romande et du Tessin, 7. 29-49.

Commission Inter-IREM TICE (France), Vandebrouck, F., etArtigue, M. (2016). Créer avec GéoGebra: Exemples de réalisations et fiches techniques pour les mathématiques dynamiques. Université Paris Diderot-Paris 7.

Douady, R. (1984). Jeux de cadres et dialectiques outil-objet dans l'enseignement des Mathématiques. Une réalisation dans tout le cursus primaire (Doctoral dissertation, Université paris VII).

Durand-Guerrier, V. (2010). La dimension expérimentale en mathématiques. Enjeu épistémologiques et didactiques. G. Aldon, P.-Y. Cahuet, V. Durand-Guerrier,

M. Front, D. Krieger, M. Mizony, et C. Tardy (Eds) Expérimenter des problèmes de recherche innovants en mathématiques à l'école. Cédérom, INRP.

Emprin, F. (2007). Formation initiale et continue pour l'enseignement des mathématiques avec les TICE: cadre d'analyse des formations et ingénierie didactique (Doctoral dissertation, Université Paris-Diderot-Paris VII).

Hall, J. et Lingefja, T. (2016). Mathematical Modeling: applications with geogebra. John Wiley & Sons.

Johnston-Wilder, S. et Pimm, D. (2004). Teaching secondary mathematics with ICT. McGraw-Hill Education (UK).

Keong, C. C., Horani, S. et Daniel, J. (2005). A study on the use of ICT in mathematics teaching. Malaysian Online Journal of Instructional Technology, 2(3), 43-51.

Lagrange, J. B. (2003a). Analysing the impact of ICT on mathematics teaching practices. In CERME 3: Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, Proceedings of CERME (Vol. 3).

A.Lamrani Alaoui, A. Zerouali et M. Alami (2017) Quelques pratiques enseignantes comme cause de blocage affectif en mathématiques -l'exemple du secondaire au Maroc- Revue AKWASSE : N.4 2017 pp : 61-74.

Rahman, S. A., Ghazali, M.et Ismail, Z. (2003, September). Integrating ICT in mathematics teaching methods course: How has ICT changed student teachersperception about problem solving. In Proceedings of the International Conference of The Mathematics Education into the 21 st Century Project.

Schoen, R. (2011). Model-Centered Learning. Pathways to Mathematical Understanding Using GeoGebra/Schoen R.

Trouche, L. (2004). Environnements Informatisés et Mathématiques: quels usages pour quels apprentissages?. EducationalStudies in Mathematics, 55(1), 181-197.

Trouche, L. et Guin, D. (2006). Des scénarios pour et par les usages. Scénariser l'enseignement et l'apprentissage: une nouvelle compétence pour le praticien, 77-82.

Joab, M., Guin, D. et Trouche, L. (2003, April). Conception et réalisation de ressources pédagogiques vivantes: des ressources intégrant les TICE en mathématiques. In EIAH'03: Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (pp. 259-270). INRP.

Venema, G. (2013). Exploring advanced Euclidean geometry with GeoGebra. MAA.

Exploitation des TICE en Formation en étudiant des problèmes d'optimisation en Géométrie

Mhamed EL aydi[1], Mohammed Sbaa[1; 2], Najia Benkenza[1]

Résumé

Dans ce travail, On s'intéresse à exploiter l'intégration des TICE en mathématiques, en formation des futurs enseignants et en classe en s'appuient sur des problèmes d'optimisation géométrique. On a commencé par une vue historique sur l'optimisation, puis un regard sur l'utilisation des TIC en mathématiques. Une présentation du Logiciel GeoGebra s'avérait importante pour montrer l'utilité de ce logiciel GeoGebra dans les conjectures des résultats mathématiques. Enfin trois problèmes d'optimisation géométrique ont été traités comme étant un support pour dévoiler notre façon d'intégrer les techniques d'information et de la communication dans la formation pour aborder les problèmes d'optimisation en géométrie.

Mots clés : TICE, Optimisation, géométrie dynamique, logiciel GeoGebra**.**

1. Introduction

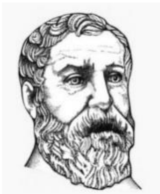
Dans beaucoup d'applications, les grandeurs physiques ou géométriques sont exprimées à l'aide d'une fonction d'une variable ou de plusieurs variables. Disposant de cette fonction, on s'intéresse à déterminer ses valeurs extrêmes ou valeurs optimales. Déterminer ces valeurs constitue ladite résolution du problème d'optimisation. Pour les professeurs stagiaires, souvent il n'est pas facile d'étudier la fonction modélisant le problème d'optimisation ; d'où l'intérêt de l'utilisation des logiciels de simulation géométrique et de calcul formel tel que « GeoGebra ».

2. Un peu de l'histoire sur l'optimisation

L'optimisation est l'action et l'effet d'optimiser. Ce verbe veut dire chercher la meilleure manière de réaliser une activité. Le terme est souvent employé dans le domaine de l'Informatique, Mathématique et Economique ; toujours avec le même objectif : améliorer fonctionnement de quelque chose au moyen d'une gestion perfectionnée des ressources.
Dans le cadre des mathématiques, l'optimisation cherche à apporter des réponses à un type général de problèmes qui consistent à sélectionner le meilleur élément parmi plusieurs appartenant au même ensemble.

2.1 Dans l'Antiquité :

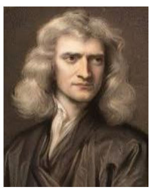
[1]**Casablancais d'Observation et de Recherche en Enseignement des Sciences et des Techniques** (LabCOREST), Centre de métier de l'éducation et de la formation Casablanca-Settat, Maroc.
[2]**Laboratoire Ingénierie, management Industriel et Innovation** (LIMII), FST, Settat, Maroc.



Les premiers problèmes d'optimisation auraient été formulés par Euclide, au IIIe siècle avant notre ère, dans son ouvrage historique « Les Éléments ».

Trois cents ans plus tard, Héron d'Alexandrie dans Catoptrica a donné la première trace écrite de l'optimisation par l'énonce du « principe du plus court chemin » dans le contexte de la physique optique.

2.2 À la renaissance :



L'aube de l'analyse moderne, le monde mathématique a connu la naissance du calcul différentiel par Isaac Newton (1642-1727) ; par la mise en forme de la théorie des fluxions et les variations infinitésimales de quantités fluentes x et y et en introduisant le temps en tant que variable universelle et donc la naissance des notations : fluxions x' et y'.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) à contribuer principalement en optimisation par l'invention du calcul infinitésimal (calcul différentiel et calcul intégral), qu'il a développé indépendamment de Isaac Newton. En 1684, Une nouvelle méthode pour Recherche de tangentes, de minima et de maxima publié au Journal des sçavans 2 (de 1665 à 1790)

En 1640 ; La première apparition connue de l'énoncé de la règle de Pierre de Fermat (1601-1665)3 :« Lorsqu'une grandeur, par exemple l'ordonnée d'une courbe, est parvenue à son maximum ou son minimum, dans une situation infiniment voisine, son accroissement ou sa diminution est nulle. » ; qui permet de déterminer les éventuels « extrema locaux », ou « extrema libres » d'une fonction.

En Juin 1696, Johann Bernoulli (1667-1748) pose le problème (Le problème brachistochrone) suivant : « Il s'agit de minimiser le temps de parcours d'une courbe pour aller d'un point A à un point B en subissant la loi de la gravité ».

En 1744 ; la naissance du calcul des variations par Leonhard Euler (1707-1783) Problème du calcul variationnel : « Quelle(s) fonction(s) y(x), parmi une certaine classe donnée, minimise(nt) ou maximise(nt) une fonctionnelle ? ».
Un deuxième résultat Equation d'Euler-Lagrange, qui est un résultat mathématique qui joue un rôle fondamental dans le calcul des variations. On retrouve cette équation dans de nombreux problèmes réels de minimisation de longueur d'arc, tels que le problème brachistochrone ou bien encore les problèmes géodésiques

2.3 Pendant la Révolution Française :

[2]Le plus ancien périodique littéraire et scientifique d'Europe Le premier numéro parut à Paris le 5 janvier 1665.
[3]Tannery et Henry 1894, p. 209, Lettre de Fermat à Frénicle du 18 octobre 1640.

La notion de fonction par Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) dans la ‘’Théorie’’ des fonctions analytiques en 1797 contenant les principes du calcul différentiel dégagés de toute considération d'infiniment petits, d'évanouissant, de limites et de fluxions, et réduits à l'analyse algébrique des quantités finies[4]

2.4 Au 19ème siècle :

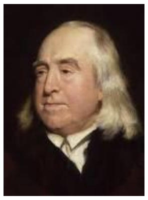
Peu de nouveaux résultats en mathématiques.

Augustin-Louis Cauchy (1789-1857) ; Son œuvre « les œuvres complètes en 27 tomes » a fortement influencé le développement des mathématiques au XIXe siècle. En optimisation et analyse numérique Cauchy a publié en 1847 le procédé de descente de gradient (Aussi appelé procédé gradient). La méthode est une technique qui permet de déterminer les points de maxima et minima plus les variables5

Au 19ème siècle ; Les économistes ont commencé à s’intéresser à l’optimisation mathématique. En 1838 Antoine-Augustin Cournot (1801-1877) à publier des recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses6 qui s'est intéressé notamment à la formalisation des théories économiques. Il est ainsi un des premiers à avoir formulé un modèle de l'offre et de la demande.

Application de la méthode des multiplicateurs de Lagrange par Harald Ludvig Westergaard (1853-1936), pour résoudre des problèmes d’optimisation sous contraintes économiques.

BENTHAM (1748-1832) a consacré son existence à la conception d’un système juridique et politique fondé sur la formule « LE PLUS GRAND BONHEUR DU PLUS GRAND NOMBRE EST LA MESURE DU JUSTE ET DE L’INJUSTE. » (Utilitarisme)



Un an plus tard Francis Ysidro Edgeworth (1845-1926) ; Il est l'inventeur de la «courbe d'indifférence» en microéconomie. Une courbe d'indifférence est le lieu géométrique qui représente les diverses combinaisons de deux biens qui offrent à un consommateur donné le même niveau d'utilité. En 1881, il a publié « voyants mathématiques : Essai sur l'application des mathématiques aux sciences morales ». Il a notamment formulé mathématiquement une capacité de bonheur et une capacité de travail. En 1877 dans son premier livre « New and Old Methods of Ethics », Edgeworth

[4] Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France
[5]https://www.math.uni-bielefeld.de/documenta/vol-ismp/40_lemarechal-claude.pdf
[6] Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses (1838) sur Gallica.

combine ses intérêts en appliquant les mathématiques - notamment le calcul des variations et la méthode des multiplicateurs lagrangiens aux problèmes de philosophie utilitariste.

2.5 Au 20ème siècle :

- **Avant la Deuxième Guerre mondiale.**

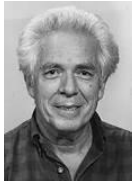
En 1939 Leonid Kantorovich (1912-1986) spécialiste de l'optimisation et l'inventeur de la programmation linéaire et ses applications à l'optimisation de la production économique planifiée

- **La deuxième Guerre mondiale**

Au début du XXe siècle, l'apparition de La recherche opérationnelle (RO) est la discipline des mathématiques appliquées qui traite des questions d'utilisation optimale des ressources dans l'industrie et dans le secteur public.7

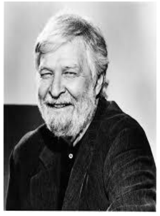
En 1947 ; George Bernard Dantzig (1914-2005) invente l'algorithme du simplexe en optimisation linéaire permettant de minimiser une fonction sur un ensemble défini par des inégalités

- **Deuxième moitié du 20ème siècle**



En 1951 ; Fondement de la programmation non-linéaire par Harold W. Kuhn (1925-2014) et Albert W. Tucker (1905-1995)8 ; et généralisation de la méthode du simplexe. Plusieurs travaux ont été publiés sur les fonctions non-linéaires et la possibilité d'avoir des extrema locaux à l'intérieur du domaine admissible.

.



En 1975 contribution aux conditions par William Karush (1917-1997).
En 1939 démonstration du théorème de Kuhn-Tucker, également connues sous le nom de conditions de Kuhn – Tucker.

2.6 Depuis 20ème siècle :

L'optimisation est devenue une discipline multi-branches ; et la programmation mathématique est devenue une branche très active des mathématiques appliquées de nos jours tels que Programmation linéaire, Programmation non-linéaire, Programmation convexe, Programmation combinatoire, Programmation stochastique, Programmation entière et Programmation dynamique.

3. Intérêts d'intégration des TIC en mathématiques

[7]Introduction à la recherche opérationnelle ; *Frédéric Meunier École* Nationale des *Ponts* et Chaussées
[8]https://www.princeton.edu/news/2014/07/05/harold-kuhn-princeton-mathematician-who-advanced-game-theory-dies-88?section=topstories, consulté le [10/12/2018]

Au Maroc, Force de constater que les technologies de l'information et de la communication bouleversent le monde de l'enseignement. La présence d'une forte volonté institutionnelle pour promouvoir l'intégration des TICE dans l'enseignement au Maroc est soulignée dans le levier 10 de la Charte de l'Éducation et de la Formation [4]. En effet, ces outils représentent des « impératifs stratégiques » pour améliorer la qualité de l'enseignement [5].

3.1 En formation des enseignants

Un enseignant doit recevoir une formation adéquate, tant sur le plan informatique que pédagogique, il doit être apte de modifier sa manière d'enseigner et intégrer les TIC dans son enseignement. Il est le premiers concerné par l'utilisation des logiciels dynamiques en classe, il est donc essentiel qu'il ait en main tous les moyens nécessaires pour réussir sa séance.
Chaque enseignant doit non seulement avoir des connaissances sérieuses en Informatiques mais plutôt un utilisateur conscient de toutes possibilités offertes en pédagogie pour développer le goût d'apprendre chez l'élève.

3.2 L'intérêt pour l'élève

Nos expériences en accompagnement dans la mise en situation professionnelle nous ont confirmé que les activités mathématiques peuvent être enrichies dans une classe en utilisant un vidéoprojecteur et en travaillant d'une façon collective.
Pour que l'élève réfléchisse et raisonne comme un chercheur, il doit construire ses propres savoirs en utilisant un ordinateur portable ou une tablette, ses erreurs ne sont plus considérées comme des fautes mais des déclencheurs de nouvelles idées pour montrer une propriété ou trouver la solution d'un problème et donc pour reconstruire le savoir. Ainsi la simulation et la visualisation permettent aux apprenants de bien assimiler les propriétés, les définitions, les théorèmes et notamment tous les concepts mathématiques.
L'observation visuelle des divers cas amène l'élève à émettre des conjectures et lui permettre de développent des compétences autres que les compétences disciplinaires.

3.3 L'intérêt pour le professeur

Les simulations permettent aux enseignants de mieux aborder l'importance des prérequis et d'améliorer les méthodes de l'enseignement ; Elles leurs permettent d'extérioriser les représentations des élèves et de mieux saisir leurs difficultés et de remédier leurs erreurs.
L'enseignant doit accompagner l'élève dans sa compréhension du développement de ses propres connaissances et à se concentrer au niveau du processus et des démarches d'apprentissage de l'élève ; d'où l'utilisation des logiciels qui lui permettent de développer la réflexion chez ses apprenants sur le statut des objets et leurs relations entre eux pour construire les figures géométriques dynamiques.

4. Description du logiciel GeoGebra

Il s'agit d'un logiciel de géométrie dynamique, avec lequel on peut réaliser des figures puis découvrir, vérifier et étudier leurs propriétés en explorant de nombreux cas.

4.1 Interface graphique :

Le logiciel GeoGebra est constitué de cinq zones principales :

La barre d'outils : contient les principaux outils de construction (créer point, droite, droite parallèle, segment, cercle, angle, etc.) ;
La barre de saisie : permet d'entrer des commandes et de définir directement des objets ;
La fenêtre algèbre : regroupe des informations sur les objets créés (coordonnées, équations, longueur, etc.) ;
La feuille de travail : dans laquelle sont représentés graphiquement les objets créés. Par exemple la représentation graphique de la fonction ;
La feuille tableur : permet d'effectuer des calculs, des statistiques et de construire des diagrammes et des graphiques.
La zone de travail : montre l'aspect géométrique d'un objet 2D ou 3D
La zone d'algèbre : montre son aspect analytique ce qui facilite aux élèves l'acquisition d'une double perception d'un problème,
Le curseur : permet de créer des variables ou des paramètres, pour traiter un problème mathématique ou un problème issu de la vie courante.

4.2 Caractéristiques de GeoGebra :

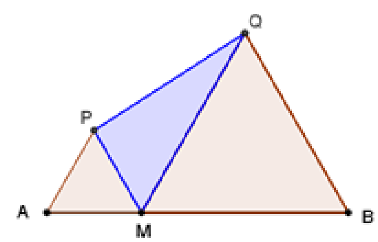
L'utilisation de GeoGebra présente plusieurs avantages :

- Facilité d'utilisation : GeoGebra est doté d'une interface simple et facile à utiliser.
- Multifonctionnalité : GeoGebra est un progiciel à multiples fonctionnalités.
- Logiciel libre : c'est-à-dire que l'utilisateur peut le télécharger et l'utiliser gratuitement
- Logiciel : open source c'est-à-dire que l'utilisateur a le droit d'effectuer des modifications[9].
- Un logiciel adapté à exporter de fichier sous format « .Tex » ou « .JPG ».

5. Etude des problèmes d'optimisation

5.1 Situation problème 1 :

Etant donné un segment [AB] de longueur 6 cm et M un point de [AB] ; APM et MQB sont des triangles équilatéraux. Est-il vrai que l'aire du triangle MPQ est maximale lorsque la longueur PQ est minimale ?



La démarche :

- Construire la figure en utilisant une fenêtre du logiciel GeoGebra :
- Changement de position pour le point M et Conjecture.
- Modélisation du problème en utilisant les outils de la géométrie analytique, On calcule la surface S(x) du triangle MPQ et la longueur L(x) du segment PQ et on montre que S(x) est maximal lorsque L(x) est minimal
- Illustration de ces résultats à l'aide du logiciel GeoGebra : les démarches à suivre :
- Saisir S(x), L(x), S'(x), L'(x),
- créer un curseur b qui varie entre 0 et 6,
- construire les points S_1(b,S(b)) et L_1(b,L(b)) ainsi les tangentes à ces points.
- Remarquer que les courbes de S'(x) et L'(x) s'annulent pour une même valeur x_0.

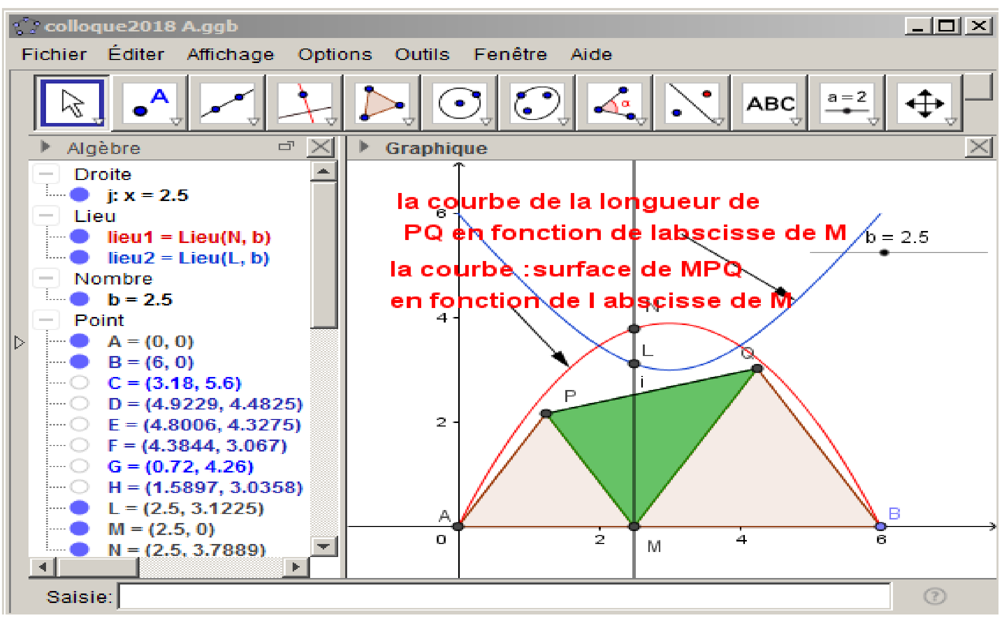
Construction de la figure par GeoGebra :

[9] http://www.geogebra.org/help/geogebraquikstat_fr.pdf

Tableau 1 : Protocole de construction.

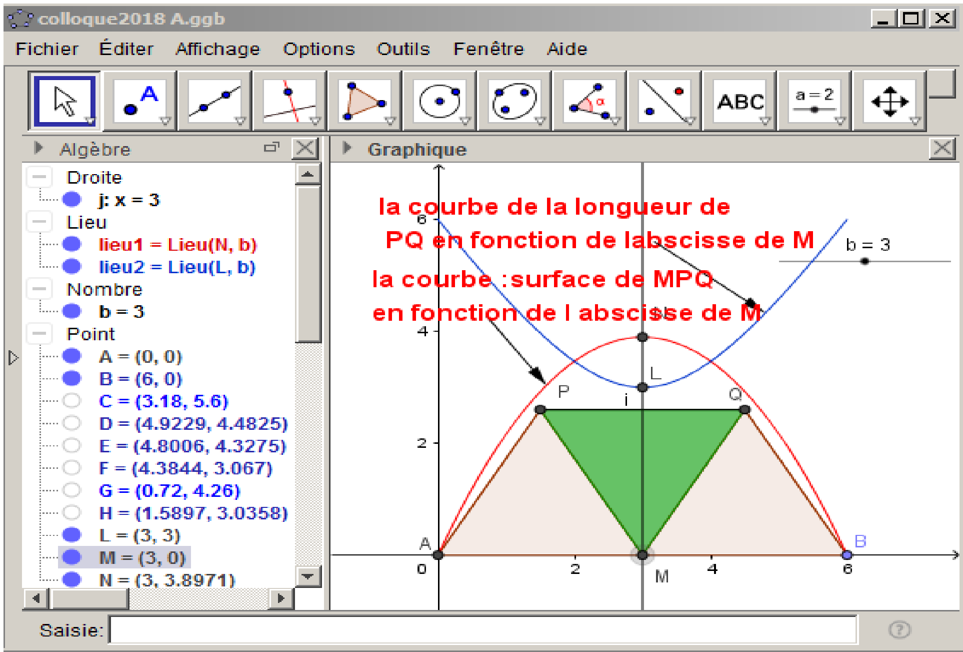
le point A (0,0),	le point N(b,poly3),
le point B(6,0),	lieu des points N lorsque b varie,
le segment AB,	le segment PQ,
le curseur b tel que 0<b<6, M(b,0),	le point L(b,i) ou i est la longueur PQ,
le triangle équilatéral AMP,	lieu des points L lorsque b varie,
le triangle équilatéral BMQ,	la droite x=x(M),
le triangle (polygone) MPQ,	utiliser l'outil ABC pour écrire les textes,

Figure 1 : Construction des courbes : l'aire du triangle MPQ et la longueur de PQ en fonction de l'abscisse de M



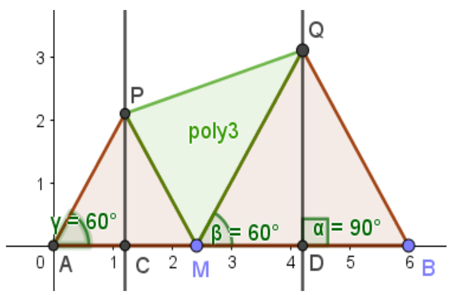
Conjecture : On déplace le curseur b, on constate que la surface du triangle MPQ est maximale lorsque la longueur PQ est minimale,

Figure 2 : Minimisation de la surface du triangle MPQ en fonction de la longueur PQ



Modélisation du problème :

On considère un repère orthonormé d'origine O, on construit les points : A(0,0), B(6,0), M(x,0), C(x/2,0), D((6+x)/2,0), B(6,0), P(x/2,x√3/2), Q ((6+x)/2, (6-x)√3/2),



On calcule la surface S(x) du triangle MPQ et la longueur L(x) du segment PQ en fonction de x, abscisse du point M, Pour cela, on calcule l'aire du trapèze PCDQ et on retranche les surfaces des triangles PCM et QDM, on trouve :

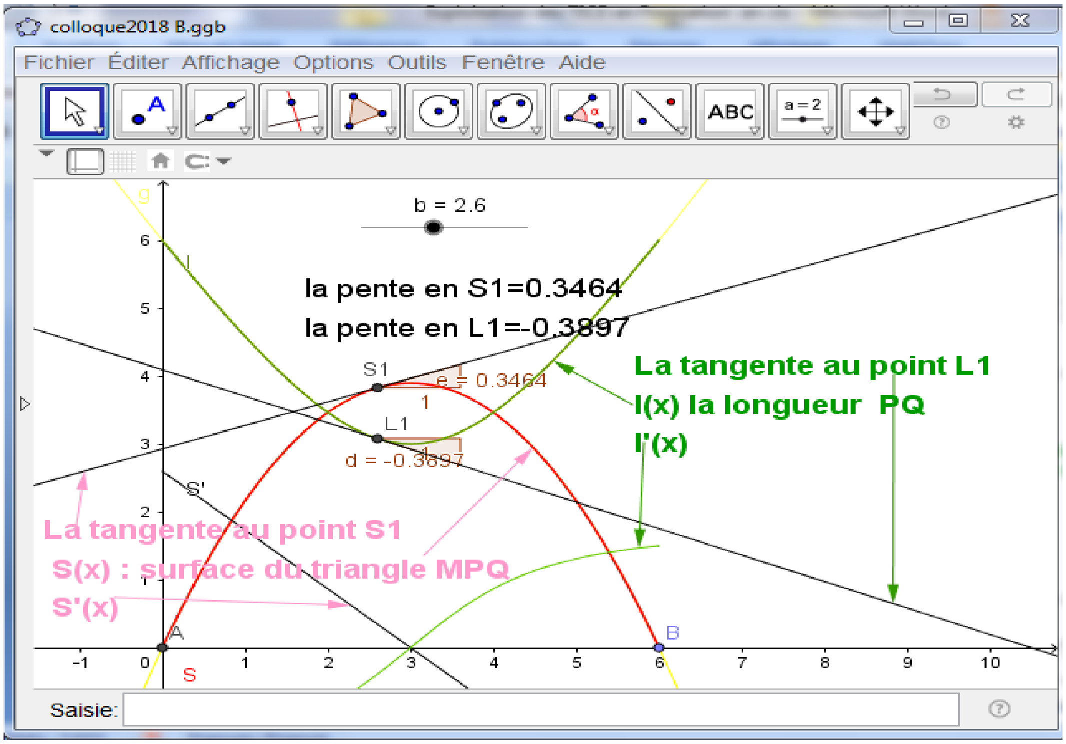
$$S(x) = \frac{\sqrt{3}}{4}(-x^2 + 6x) \text{ et } L^2(x) = PQ^2 = 3(x^2 - 6x + 12).$$

On étudie et on représente graphiquement les deux fonctions S(x) et L(x)
On peut remarquer que les deux fonctions S(x) et L(x) sont des paraboles, et que leurs fonctions dérivées s'annulent en x=3, on déduit que S(x) est maximal lorsque L(x) est minimal et max(S(x))=(9/4)√(3) et min(L(x))=3.

Illustration de ses résultats à l'aide du logiciel GeoGebra :

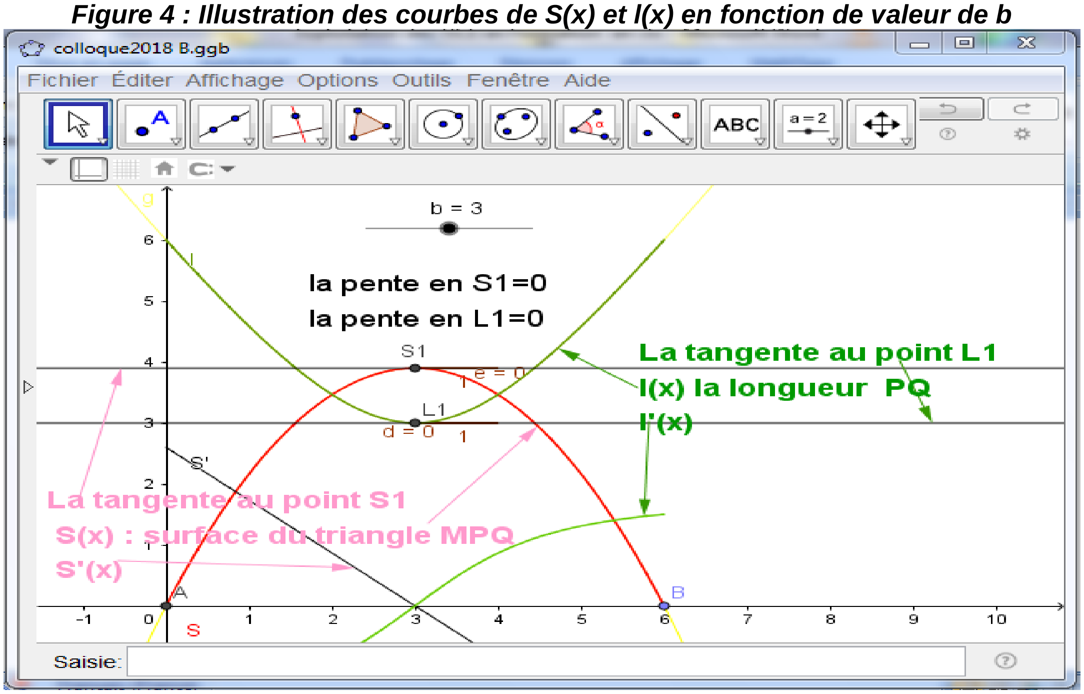
Les démarches à suivre :
Saisir S(x), l(x), S'(x), l'(x), créer un curseur b qui varie entre 0 et 6, construire les points S_1(b,S(b)) et L_1(b,l(b)) ainsi les tangentes à ces points.

Figure 3 : Les courbes : S(x), l(x), S'(x), l'(x) et des tangentes.



Remarquons que les courbes de S'(x) et l'(x) se coupent au point d'abscisse 3.
En donnant à b la valeur 3, les tangentes deviennent horizontales.

Figure 4 : Illustration des courbes de S(x) et l(x) en fonction de valeur de b



5.2 Situation problème 2

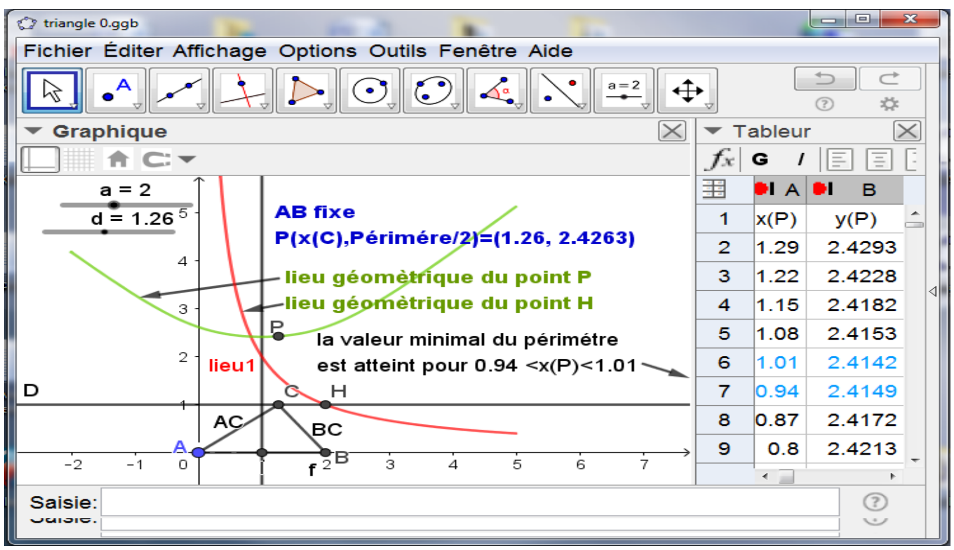
Modélisation du problème en utilisant les outils de la géométrie analytique

Parmi les triangles d’aire donnée trouver ceux dont le périmètre est minimum.

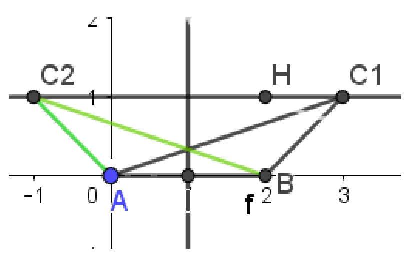
<u>Démarches à suivre :</u>

On utilise d’abord le logiciel GeoGebra pour avoir des idées et des conjectures ; On prend l’aire donnée est égale à 2.
On construit le point A(0,0),le curseur a, le point B(a,0), ,le point H(a,2/a) la droite (D) parallèle à (AB) passant par H , le curseur d, C un point variable de (D),ses coordonnées sont (d,y(H)), le point P de coordonnées (x(C),(AB+AC+BC)/2), (On a divisé par 2 pour avoir le point P proche de (D))où x(C) est l’abscisse de C ; le périmètre du triangle ABC est égal à AB+AC+BC dont on cherche le minimum . A l’aide de la commande «lieu » on obtient les lieux géométriques des points P et H. On affiche le tableur, On déroule le menu contextuel de P et on active le bouton enregistrer dans le tableur en utilisant le bouton droit de la sourie, on obtient la figure :

Figure 5 : Lieux géométriques des points P et H.

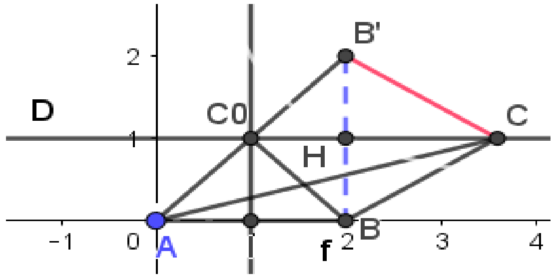


Conjecture :
Etant donné un segment [AB], on considère tous les triangles ABC d’aire donnée, et la fonction p(x)=périmètre de ABC où x est l’abscisse de C



*la droite x=AB/2 est un axe de symétrie de la courbe (C) représentant la fonction p(x) ; en effet : C_2 est le symétrique de C_1 par rapport à l’axe x=AB/2 ; A est le symétrique de B par rapport à l’axe

x=AB/2 ; la symétrie axiale conserve les distances, donc les triangles ABC_1 et ABC_2 ont même périmètre.
D'où : la droite x=AB/2 est un axe de symétrie de la courbe (C) représentant la fonction p(x).
*la fonction p(x) admet un minimum au point C_0 d'abscisse x=AB/2, le triangle ABC_0 est isocèle de sommet C_0. En effet :



B' est le symétrique de B par rapport à l'axe (D).la droite (D) coupe [AB'] en son milieu C_0,et on a $AC_0=C0B=C0B'$ et AB'<AC+CB' donc $AC_0+C_0B<AC+CB$ donc $AC_0+C_0B+AB<AC+CB+AB$ donc la fonction p(x) admet un minimum au point C_0 d'abscisse x=AB/2,le triangle ABC_0 est isocèle de sommet C_0.

Théorème : Les triangles d'aire donnée et de périmètre minimum sont les triangles équilatéraux [26].
En utilisant le logiciel GeoGebra, AMM' représentent un triangle isocèle de sommet A et de surface 2, avec M variable, on déplace le curseur a, on a capturé les deux figures ci-dessous :

Figure 6 : Le périmètre du triangle AMM' en fonction de a

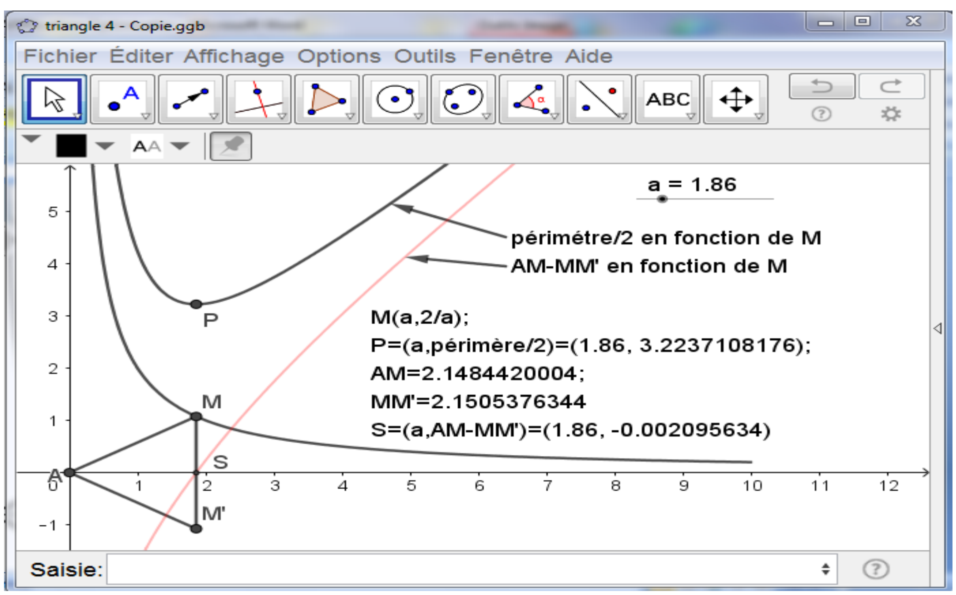
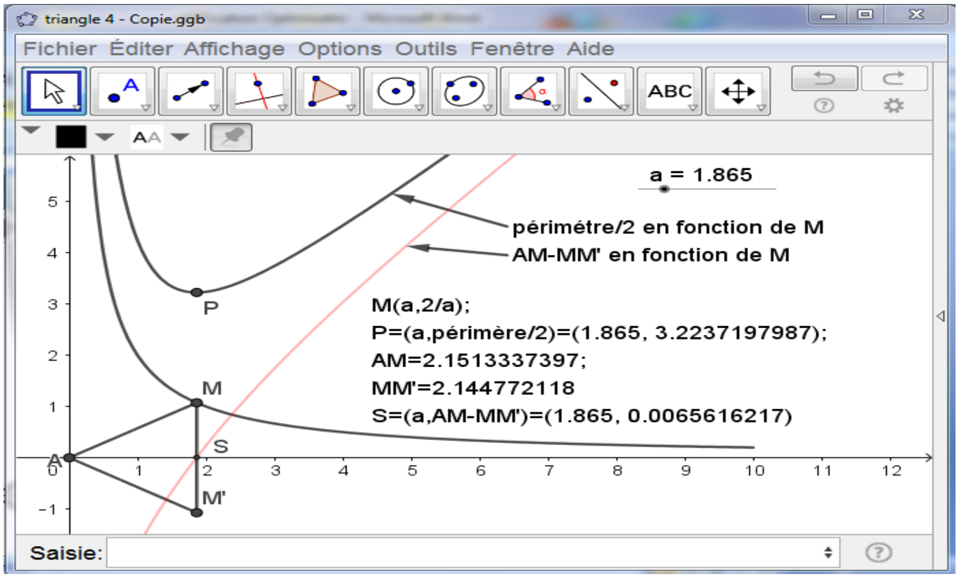


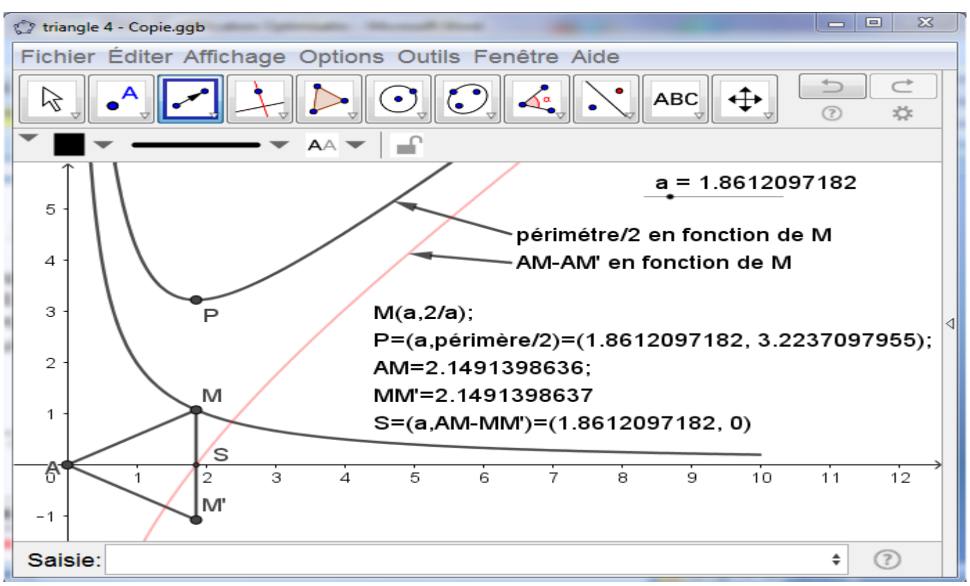
Figure 7 : Minimisation du périmètre du triangle AMM' pour la valeur de a=1.86



Le théorème des valeurs intermédiaires nous montre qu'il existe un point M d'abscisse a tel que 1,86<a<1,865 et AM=MM', c'est-à-dire que le triangle AMM' est équilatéral. Calculons le coté du triangle équilatéral dont la surface égale à 2 :$AS = \frac{1}{2}b\sqrt{3}$ et $\frac{1}{4}b^2\sqrt{3}$ donc : $b = \frac{2}{3}\sqrt{6}\,3^{\frac{1}{4}}$

On effectue le calcul à l'aide du logiciel Maple, on trouve : AM=b=2.1491398636470838391 et que AS=1.8612097182041991979, On donne au curseur a, la valeur 1.8612097182041991979, on trouve que AM=MM' et que le périmètre est minimal.

Figure 8 : Minimisation du périmètre du triangle AMM' au point (a=1.8612097182)



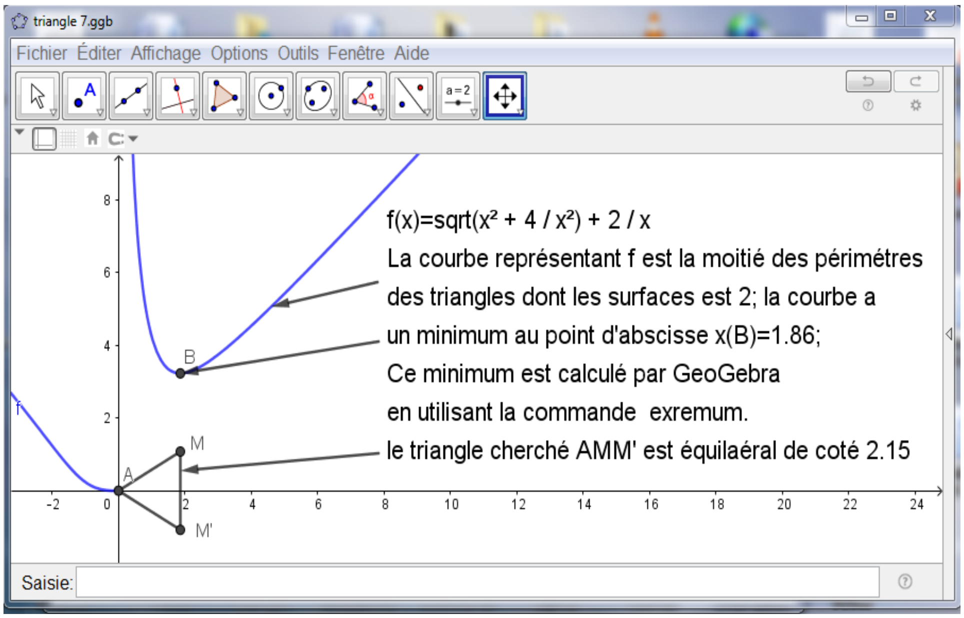
Modélisation du Problème :

On considère le triangle AMM' comme dans la figure précédente, on note par (x, y) les coordonnées du point M, on a :$xy = 2$ et $f(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2} + y$

On combine les équations (1) et (2) on Obtient$f(x) = \sqrt{x^2 + \frac{4}{x^2}} + \frac{2}{x}$

Cette fonction n'est pas facile à étudier analytiquement, On va faire recourt à GeoGebra et on utilise l'outil « extremum » :

Figure 9 : Représentation de la fonction f



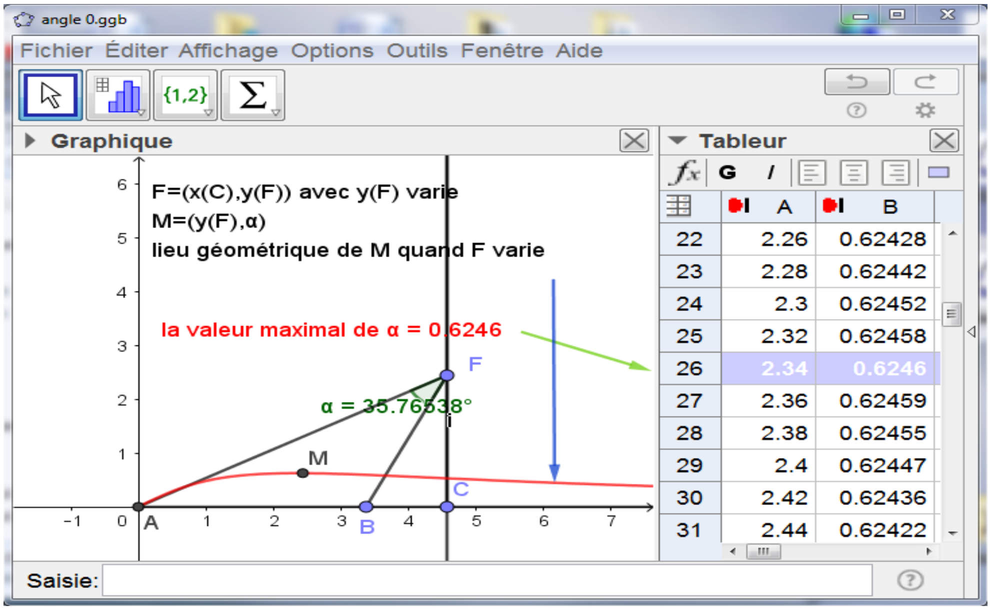
5.3 Situation du problème 3 :

Maximum de l'angle de vision d'un segment le long d'une demi-droite.
Etant donné un segment [AB] et un point C du demi droite [AB), soit (d) une demi droite passant par C et perpendiculaire à (AB), Existe-t-il un point F de (d) pour lequel la mesure de l'angle $\widehat{AFB}$ est maximum?

La démarche :

- Construire la figure en utilisant une fenêtre du logiciel GeoGebra :
- Emettre la Conjecture,
- Modélisation et résolution du problème en utilisant les outils de la géométrie analytique,

Figure 10 : Lieu géométrique de M (y(F),mes($\widehat{AFB}$))

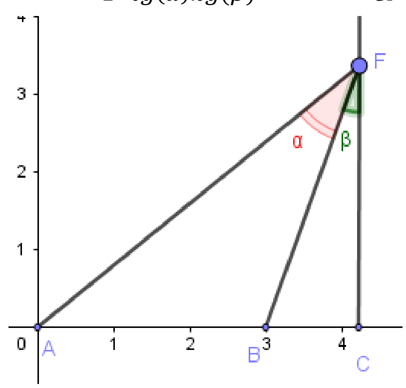


	A	B
22	2.26	0.62428
23	2.28	0.62442
24	2.3	0.62452
25	2.32	0.62458
26	2.34	0.6246
27	2.36	0.62459
28	2.38	0.62455
29	2.4	0.62447
30	2.42	0.62436
31	2.44	0.62422

Conjecture : Il existe un point F de (d) pour lequel la mesure de l'angle $\widehat{AFB}$ est maximum.

<u>Modélisation du problème :</u>

On a : $\text{tg}(\alpha+\beta) = \frac{tg(\alpha)+tg(\beta)}{1-tg(\alpha).tg(\beta)}$. donc : $\frac{AC}{CF} = \frac{tg(\alpha)+\frac{BC}{CF}}{1-tg(\alpha).\frac{BC}{CF}}$

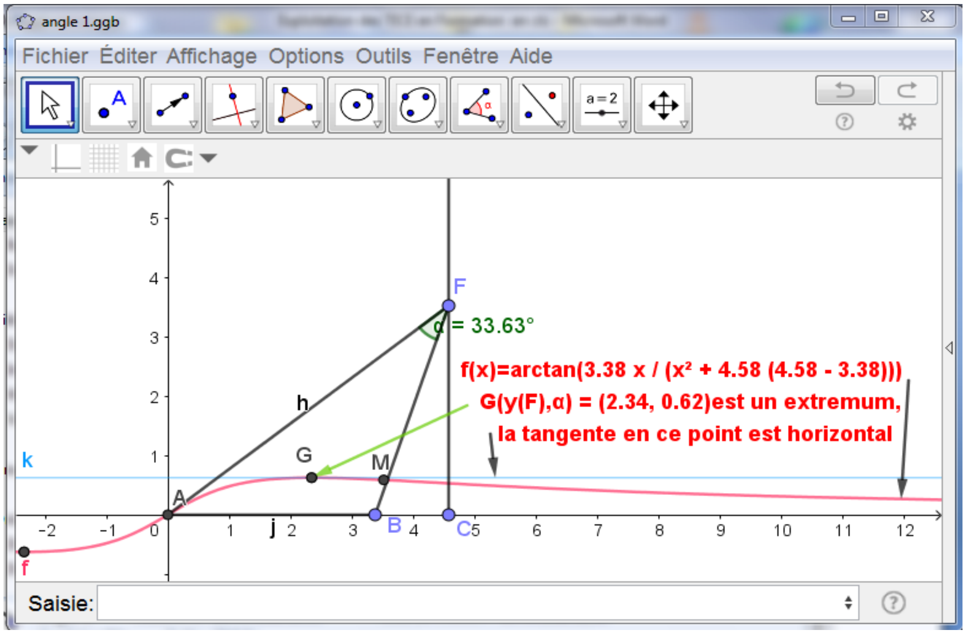


Après simplification, et en posant AB=x(B) et AC=x(C) et CF=x, On trouve :

$$\alpha = arctg\left(\frac{x.x(B)}{x^2+x(C)(x(C)-x(B))}\right)$$

On remarque que l'angle $\widehat{AEB}$ dépend de la position des points B et C et F, On représente la mesure de l'angle ($\widehat{AMB}$) en fonction de x=CF à l'aide de GeoGebra

Figure 11 : Représentation de la fonction mes($\widehat{AFB}$) en fonction de CF



5.4 Des problèmes d'optimisations

Pour chacun des problèmes proposé ci-dessous, mettre en application quelques fonctionnalités du logiciel GeoGebra pour conjecturer les solutions puis affirmer les conjectures à l'aide des notions d'analyse et de géométries analytique.
Nous remarquons juste que : changer des variables, en utilisant le logiciel GeoGebra, pour produire des problèmes plus difficiles que l'on traitera à l'aide du logiciel GeoGebra et des outils de géométrie analytique.

Problème 1 : Que vaut la surface maximale de tous les triangles isocèles inscrits dans un cercle donné

Problème 2 : Parmi les triangles inscrits dans un cercle donné trouver ceux dont l'aire est maximum.

Problème 3 : Parmi les triangles d'aire donnée trouver ceux dont le périmètre est minimum.

Problème 4 : Un segment [BC] étant donné extérieurement et perpendiculairement à une droite D, en quel point M de D l'angle BMC est-il maximum ?

Problème 5 : une statue de 1,7m est posée sur un socle de 2,3m. Vos yeux sont à 1,6m du sol (supposé plat).
À quelle distance du socle doit-on se placer pour que l'angle sous lequel on voit la statue soit le plus grand possible ?

Problème 6 : On considère le triangle rectangle OAB en O situé dans le premier quadrant dont le point B parcourt la courbe (Γ) d'équation $y = \sqrt{9 - x}$. Déterminer les coordonnées du point A pour que l'aire du triangle soit maximale.

CONCLUSION

A l'aide de GeoGebra on a réalisé une construction sous contrainte, on a conjecturé la valeur maximale ou minimale à partir de la figure, on a créé un point M(x, f(x)) et on peut afficher son lieu géométrique sans aucun calcul.
On a déterminé avec le calcul (à la main), l'équation de ce lieu qu'on a reconstruit avec GEOGEBRA et on a évoqué quelques méthodes graphiques pour la détermination du maximum d'un graphe (C_f) avec GEOGEBRA, en particulier, on utilise la commande : « extremum ».
En conclusion nous avons donné une démarche méthodique en introduisant GeoGebra pour la résolution de certains problèmes d'optimisations en mathématiques comme étant un outil de remédiation aux difficultés pour une bonne transposition didactique.

Références bibliographiques :

Hédi, A., Utilisation du logiciel GeoGebra pour illustrer certaines notions d'analyse. Consulté en juin 2017 sur : http://revue.sesamath.net/spip.php?article 699

La Charte nationale d'Éducation et de Formation. (2006). Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle, Maroc.

Kabbaj, M.,Talbi, M., Drissi My, M.,Abouhanifa, S. (2009). *Programme GENIE au Maroc : TICE et développement professionnel. Mathématice. N° 16*.

Potentiel d'utilisation de GeoGebra consulté le 1er janvier 2017 sur ia2b.ac corse.fr/attachement/322615

Gerbault, J. (2002). "*Technologies de l'Information et de la Communication et diffusion du français – Usages, représentations, politiques*". Apprentissage des langues.

Mangenot, F. (2000). *Apprentissages collaboratifs assistés par ordinateurs appliqués aux langues*. In R.Bouchard, F. Mangenot, Interaction, interactivité et multimédia, Notions en questions N°5, ENS Editions, pp. 11-18.

La Charte nationale de l'Éducation et de la Formation, Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle. http://www.cse.ma/fr/files/Charte_education_formation.pdf

Messaoudi, F., Talbi, M. (2012).*Réussir l'intégration des TICE au Maroc : regard sur le déploiement de la stratégie nationale GENIE* .Association EPI.

Hajjami, El., A., Chikhaoui, A., Ajana, L., El Mokri, A. (2009). *Les technologies de l'information et de la communication en éducation. Édition Afrique Orient. Maroc*, p 167.

Mastafi, M. (2013). *Intégration et usages des TIC dans le système éducatif marocain : Attitudes des enseignants de l'enseignement primaire et secondaire.* Consulté en ligne le [30/12/2017]

Potentiel d'utilisation de GeoGebra consulté le [01/01/2017] sur : ia2b.ac corse.fr/attachement/322615

Freiman, V., Martinovic, D., Karadag, Z. (2009).*Découvrir le potentiel éducatif du logiciel dynamique GeoGebra*. Bulletin AMQ, Vol. XLIX, no 4.

Depover, C., Karsenti, T. et Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer des compétences*. Presses de l'Université du Québec.

Gironce, M. et Martin, Y. (2009). *La démarche d'investigation et les TICE : une opportunité pour l'inventivité ?* MathemaTice.

François, C. *Du projet personnel et professionnel des étudiants en Sciences et Technologies*, Spiral- Revue de Recherche en Education, N° 26, 2000, pp. 259-273.

Les pratiques des enseignants des SVT et leurs représentations sociales à propos de la reproduction humaine et de la sexualité (cas de quelques enseignants de la 9ème année en Tunisie)

Faten El Meddah[1]

Résumé

En Tunisie, la reproduction humaine est abordée à l'école en 9ème année de l'enseignement de base où l'âge des élèves varie entre 14 et 16 ans avec un lourd silence à propos de tout ce qui est en rapport avec l'éducation à la sexualité. Or, l'élève tunisien vit dans un environnement socio-culturel propice à la découverte précoce de la sexualité. La présente étude s'est intéressée à la structure des représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité et leur impact sur leurs pratiques d'enseignement ainsi que sur leur discours en classe. Les principaux résultats sont : 1- Une représentation sociale à propos de la reproduction et de la sexualité constituée de cinq domaines dont le domaine anatomophysiologique domine le noyau dur. 2- Un discours socio-culturel est adopté par les enseignants. La contraception est abordée seulement au sein des couples mariés et les IST au sein des pratiques hors mariage avec un retour vers un discours conservateur. 3- La marginalisation de toutes les questions des élèves et leur exclusion hors des connaissances scientifiques, pourtant présentes dans les programmes officiels.

Mots clés : Représentations sociales, reproduction, sexualité, éducation sexuelle, pratiques d'enseignement

Bien qu'elle soit une composante essentielle de la personnalité de l'individu, la sexualité présente des aspects relevant de la sphère collective du fait de ses répercussions sociales, économiques, scientifiques, culturelles, démographiques et même politiques. Pour cette raison, l'éducation sexuelle (ES) entre dans le domaine des questions complexes qui devrait viser, non seulement la construction de la personne individu, mais aussi et surtout, son éducation à la citoyenneté qui vise à permettre à tous de vivre en bonne santé et à promouvoir le bien-être de tous à tout âge (UNESCO, 2016).

Par ailleurs, l'introduction de l'ES dépend d'une décision essentiellement politique. En Tunisie et dès l'indépendance, une volonté politique a provoqué des changements radicaux sur plusieurs plans dont, l'égalité femme-homme, l'éducation, la politique de contrôle de naissance, etc. Cette dernière a bénéficié de plusieurs programmes et a touché la majorité des Tunisiens de différents âges. Cependant et malgré l'évolution sociale et culturelle que vit la Tunisie parallèlement à celle mondiale, les trois réformes éducatives n'ont pas été en synergie avec ces choix politiques. Elles

[1]Université de Tunis El Manar, UR11ES12 Tunisie. Faten.elmeddah@fst.utm.tn.

n'introduisent pas explicitement l'ES (El Meddah. 2013). Par conséquent, l'enseignement de la reproduction humaine n'est abordé pour la première fois qu'en 9ème année (où l'âge des élèves varie entre 14 et 16 ans), ce qui est tardif. Ce thème englobe, entre autres, l'enseignement de la contraception et de quelques IST dont le sida.

D'un autre côté, dissocier la sexualité et la procréation est un problème vécu depuis la nuit des temps : comment mener une vie sexuelle sans enfanter ? La réponse à cette question constitue le fruit d'une volonté individuelle ou collective (institutionnalisée ou non, pour des raisons politiques ou démographiques) désireuse d'échapper à la reproduction naturelle, d'imposer une fécondité volontaire choisie et de vivre une vie sexuelle sans entraves de quelconque contrat imposé par la société ou la loi (David, 2007).
Dans ce travail, nous nous sommes intéressées, dans un premier temps, à l'étude de la structure des représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité et leurs domaines. Dans un deuxième temps, nous avons étudiés les déclarations des enseignants à propos de leurs pratiques d'enseignement en relation avec la reproduction humaine et la sexualité ainsi que leurs discours adoptés en classe. Et finalement, nous avons analysé l'impact des représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité sur leurs pratiques d'enseignement. Pour contextualiser notre analyse, une présentation succincte du cadre politico-socio-culturel propre à la Tunisie s'avère indispensable.

1. Le contexte tunisien

Une volonté politique dès l'aube de l'indépendance a provoqué plusieurs changements. De nombreuses lois et réformes ont été mises en place en vue d'une amélioration sociale, économique, culturelle, éducative, etc.

1.1 Contexte tunisien et législation

Plusieurs lois ont été promulguées dès l'aube de l'indépendance ayant influencé directement ou indirectement le comportement reproductif tunisien. En effet, le Code de Statut Personnel (CSP), texte profondément novateur, a mis en place plusieurs mesures audacieuses à savoir l'abolition de la polygamie, le remplacement de la répudiation par le divorce judiciaire que les deux époux ont à égalité la possibilité de réclamer, la fixation de l'âge minimal de mariage à 17 ans et 20 ans révolus respectivement pour la fille et le garçon, etc.

D'autres lois permettent à la femme tunisienne de participer à la vie économique et sociale au même titre que l'homme et indépendamment de lui dans le but de consolider l'indépendance de la femme. Ainsi, une politique de contrôle de naissance (autorisation de l'avortement et commercialisation des moyens contraceptifs avec une limitation de la pension familiale au 3ème enfant) a été mise en place. En outre, l'obligation de la scolarisation pour les filles et les garçons dans des établissements mixtes a été instaurée depuis la réforme éducative de 1958.

En 1993, des mesures tendent à faire évoluer l'autorité paternelle vers une autorité parentale partagée entre les deux époux. D'autres lois ont été promulguées protégeant les enfants conçus hors mariage lui donnant le nom patronymique avec la mise en place de maison d'accueil pour ces enfants ; ce qui a encouragé implicitement les relations sexuelles hors mariage.

Cette politique a engendré plusieurs changements sociaux à savoir un changement du comportement reproductif (taux de fécondation est de 2,3), une augmentation du taux de célibat (40,3%) avec une diminution du taux des mariages consanguins du fait de la possibilité de rencontre de la femme et de l'homme dans des milieux autres que celui familial2, une adoption de discours politique officiel de rupture avec les traditions (Bessis, 1999)… Cependant, ces dernières sont restées prégnantes sur plusieurs représentations sociales telles que l'infériorité sociale de la femme stérile ou celle n'ayant pas donné naissance à un garçon et ce malgré le niveau d'instruction aussi bien de la femme que de l'homme.

Ces changements ont suscité l'intérêt de plusieurs organismes (ONUSIDA, OMS, UNESCO, ONFP3, DMSU4, DSSB5) qui ont étudié le comportement sexuel des jeunes et ont lancé un appel unanime au Ministère de l'Education pour institutionnaliser l'ES dans les programmes scolaires.

1.2 Contexte tunisien et éducation

El Meddah (2013) a étudié la place de l'ES dans les trois réformes éducatives qu'a connues la Tunisie (1958, 1991 et 2002) ainsi que les objectifs des SVT qui les accompagnent. Cette analyse s'est basée sur des principes inspirés des travaux de Rogiers (2011) pour montrer la relation entre, d'une part, l'ES et le profil et le quotidien de l'élève, et d'autre part, la relation entre l'ES et le contexte politico-socio-culturel de la Tunisie.

La priorité nationale de l'enseignement a été traduite dans les 3 réformes. En délimitant le profil attendu de l'élève, la noosphère a essayé de prendre en compte l'évolution socioculturelle de la Tunisie. Cependant, comme le souligne Reich (1970), toute réforme touchant l'ES soulève des problèmes beaucoup plus importants que ne peut l'imaginer la plupart des réformateurs. D'après cette étude, la Tunisie n'a pas fait l'exception. En effet, elle a confirmé le silence absolu à propos de l'ES dans les programmes des SVT depuis 1958, comme si la sexualité ne faisait pas partie des composantes de la personnalité de l'individu voire la composante essentielle.

En effet, bien que l'ES doive être fondée sur des connaissances scientifiques et notamment sur la reconnaissance de la sexualité de l'enfant et de l'adolescent ce qui nécessite le principe de disponibilité de l'information pour chaque âge (Papova, 1996), l'enseignement de toute notion en rapport avec la reproduction humaine ne commence qu'en 9ème année de l'enseignement de base au cours de laquelle l'âge de l'élève varie entre 14 et 16 ans. À cet âge, la majorité des jeunes ont déjà subi les différentes transformations pubertaires et ont vécu cette période sans l'apport d'aucune information fiable pouvant les aider comprendre ces changements ce qui pourrait accentuer les conflits intérieurs propres à l'adolescent comme l'avance Freud.

Dans ces 3 réformes, une certaine évolution dans le profil attendu de l'élève sur le plan valeurs et compétences programmées est à souligner. Cependant, relativement à l'ES, un grand silence règne toujours dans les programmes des SVT et les interdictions demeurent presque les mêmes. Les indications concernant ce thème commencent par la recommandation de le traiter avec toute la sobriété souhaitable en 1958 pour terminer en 2002 avec la directive de ne pas donner d'informations concernant les comportements sexuels. L'étude anatomique et physiologique

[2] Rapport principal de l'enquête tunisienne sur la santé de la famille réalisée dans le cadre du projet Panarabe de la santé de la famille sous la couverture de l'ONFP et la Ligue des États Arabes (septembre 2002)..
[3] ONFP : Office National de la Famille et de la Population
[4] DMSU : Direction de la Médecine Scolaire et Universitaire
[5] DSSB : Direction des Soins de Santé de Base

l'emporte de loin sur les compétences psycho-sociales et civiques en rapport avec la sexualité. Le contexte dans lequel vit l'élève et ses problèmes liés à la crise de l'adolescence et les transformations pubertaires sont fortement marginalisés dans les 3 réformes. Les activités pouvant assurer l'autonomie de l'élève et l'éducation à la prise de décision raisonnable et rationnelle –composante essentielle du profil attendu de l'élève à la fin de son cursus scolaire- sont quasiment absentes. Parallèlement, le jeune Tunisien vit dans un environnement social propice à la découverte précoce de la sexualité et à l'entrée dans des relations sexuelles à un âge assez jeune avec des mesures législatives pouvant implicitement le protéger. Ainsi, le système éducatif éprouve une difficulté à concilier la mission traditionnelle de l'école, celle de transmettre le savoir, et les nouvelles exigences auxquelles elle doit faire face, dont celle de répondre aux nouveaux enjeux de la société et ses nouvelles exigences en ce qui concerne l'ES. Cette situation est décrite par Edgar Morin, cité par Bindé (2002), comme un cercle vicieux de la réforme de l'éducation confirmant qu'on ne peut pas réformer l'institution sans avoir au préalable réformé les esprits, mais en plus, on ne peut pas réformer les esprits si on n'a pas réformé au préalable les institutions.

2. Méthodologie

2.1 Approche méthodologique

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés aux représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité ainsi qu'aux deux phases d'enseignement : la phase préactive, celle de la préparation des activités hors de la classe et dans des contextes différents de ceux de la situation classe et la phase interactive correspondant à l'activité d'enseignement en situation classe (Gautier et al, 1997).

Concernant les représentations sociales et la phase préactive, nous avons administré un questionnaire à 37 enseignants couvrant trois grands volets : une question d'évocation dont l'objet est la reproduction et la sexualité, comment aborder la reproduction humaine, le thème de la contraception et la prise en compte des représentations sociales des élèves à propos de la reproduction humaine et de la sexualité.

Pour la phase interactive et partant du fait que l'enseignant n'est pas un décideur souverain, conscient de ses actes et qui anticiperait toutes les conséquences de ses actes in-situ (Lessard et Tardif, 1999), nous avons assisté à trois séances d'observation dont l'objet est la contraception du fait de son intime relation avec la sexualité. Nous nous sommes intéressés au décalage entre les pratiques déclarées et celles effectives des enseignants tout en focalisant notre analyse sur le discours adopté par ces enseignants dans la classe.

2.2 Question d'évocation

La question d'évocation est une question d'association ouverte à partir d'un mot inducteur. Selon Vergès (2001) et se basant sur la théorie structurale de la représentation mise en place par Abric (2003), elle permet d'étudier la structure de la représentation sociale. En effet, le sujet repère des éléments qui sont des caractéristiques pertinentes selon lui pour parler d'un objet donné.

Dans le présent travail, les objets d'études sont la reproduction humaine et la sexualité. Il s'agit d'une évocation libre et spontanée réalisée dans un premier temps et à partir de laquelle le sujet assure un choix raisonné et conscient. L'analyse de cette évocation met à notre disposition trois indicateurs pour chaque élément : la fréquence (dimension quantitative et collective), le rang (dimension individuelle) d'apparition et le choix de son classement selon l'importance de l'élément. Ainsi, un mot est dit fort selon Legardez (2005) est un mot qui a une fréquence élevée et cité dans les premiers rangs et par conséquent il fait partie du noyau dur. À partir de ces données, nous dressons une cartographie de l'évocation en termes de fréquences et de rangs pour avoir quatre cadrans comme le montre la figure suivante (fig n°1).

Figure N° 1 : Grille d'analyse de la question d'évocation inspirée des travaux de Legardez (2005)

Rangs éloignés

Eléments peu cités			Eléments très cités
	Cadran 1 : Eléments dont la fréquence est faible et le rang est éloigné. ***Périphérie éloignée ou seconde périphérie.***	Cadran 2 : Eléments dont la fréquence est élevé et le rang est éloigné. ***Première périphéries***	
	Cadran 3 : Eléments dont la fréquence est faible et le rang est faible. ***Périphérie significative ou contrastée***	Cadran 4 : Eléments dont la fréquence est élevée et le rang est faible. ***Les éléments du noyau central (les mots forts).***	

Premiers rangs

3. Les domaines de la représentation sociale à propos de la reproduction humaine et de la sexualité

La catégorisation des éléments de l'évocation a fait ressortir cinq domaines de la représentation sociale à propos de la reproduction et de la sexualité. Ces domaines reflètent les différentes facettes de ces deux objets d'étude. Leurs titres conceptuels répondent à deux critères : la valeur attribuée aux éléments et la facette de la reproduction et de la sexualité que ce domaine reflète (tableau n°1).

Le domaine anatomophysiologique reflète la facette relative à la description anatomique et physiologique en relation avec la reproduction et la sexualité.

Le domaine socio-culturel regroupe les éléments reflétant le côté social et culturel en relation avec nos objets d'étude comme famille, nuit de noces. Nous avons classé les éléments les règles et éjaculation dans ce domaine du fait qu'ils véhiculent des valeurs sociales et religieuses.

Le domaine psychologique rassemble les éléments en relation avec la psychologie de l'individu comme l'identité sexuelle, les sentiments.

Le domaine socio-médical renferme les éléments ayant une origine médicale avec des retombées sociales telles que contraception, avortement, MST.

Le domaine des pratiques sexuelles : ces éléments renvoient directement aux pratiques sexuelles comme rapport sexuel, pénétration.

Tableau I : les domaines de la représentation sociale à propos de la reproduction humaine et de la sexualité

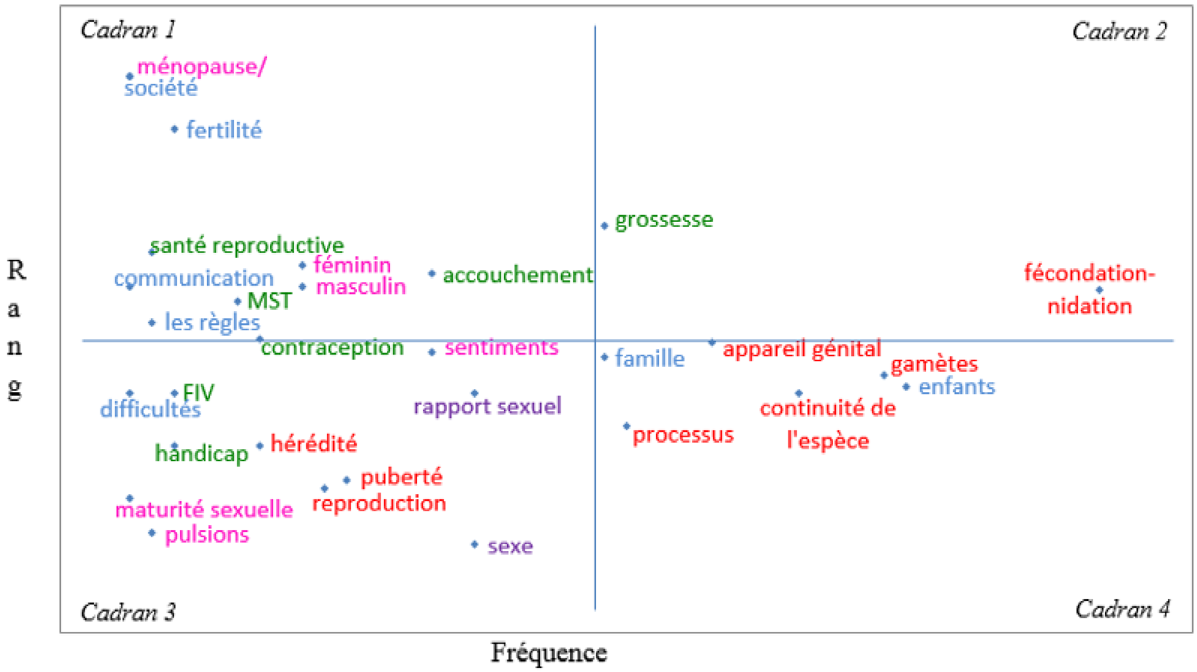
Nom de domaine	Expressions
Anatomophysiologique (9 éléments)	appareil génital – appareil urinaire – continuité de l'espèce – gamètes – fécondation-nidation – hérédité – processus – puberté – reproduction -
Socio-culturel (21 éléments)	communication – éjaculation – enfants – érection – famille – fertilité – harcèlement – les règles – les toilettes – lit – lois divines – médias – nuit de noces – virginité – massage – tabous – difficultés –aventures – homosexualité – société – religion
Psychologique (9 éléments)	adolescence – corps – jouissance – pulsions – sentiments – ménopause – maturité sexuelle – masculin – féminin
Socio-médical (11 éléments)	accouchement – avortement – consanguinité – contraception – grossesse – handicap – maladies – MST – prévention – FIV – santé reproductive
Les pratiques sexuelles (8 éléments)	partenaires – préliminaires– séduction – rapport sexuel– sexe – pénis – vulve-vagin – pénétration

4. Les représentations sociales des enseignants

4.1 ...à propos de la reproduction humaine

La reproduction pour ce groupe d'enseignants semble être représentée par la continuité de l'espèce dans sa forme socio-culturelle (fig2) : la famille et les enfants avec un aspect mécanique décelé à partir des éléments appareil génital et processus. En effet, le noyau dur renferme des éléments des domaines socio-culturel et anatomophysiologique étayés par l'élément fécondation-nidation dans la première périphérie. Les pratiques sexuelles (éléments de la zone contrastée et proche de la diagonale SE-NO6) paraissent comme moyens nécessaires pour assurer cette continuité. La périphérie éloignée semble être dominée par les domaines socio-médical et psychologique d'où leur importance minime. Ainsi, la représentation sociale de ce groupe d'enseignants serait basée sur des éléments concrets avec un aspect mécano-scientifique.

Figure 2 : représentation sociale des enseignants à propos de la reproduction humaine

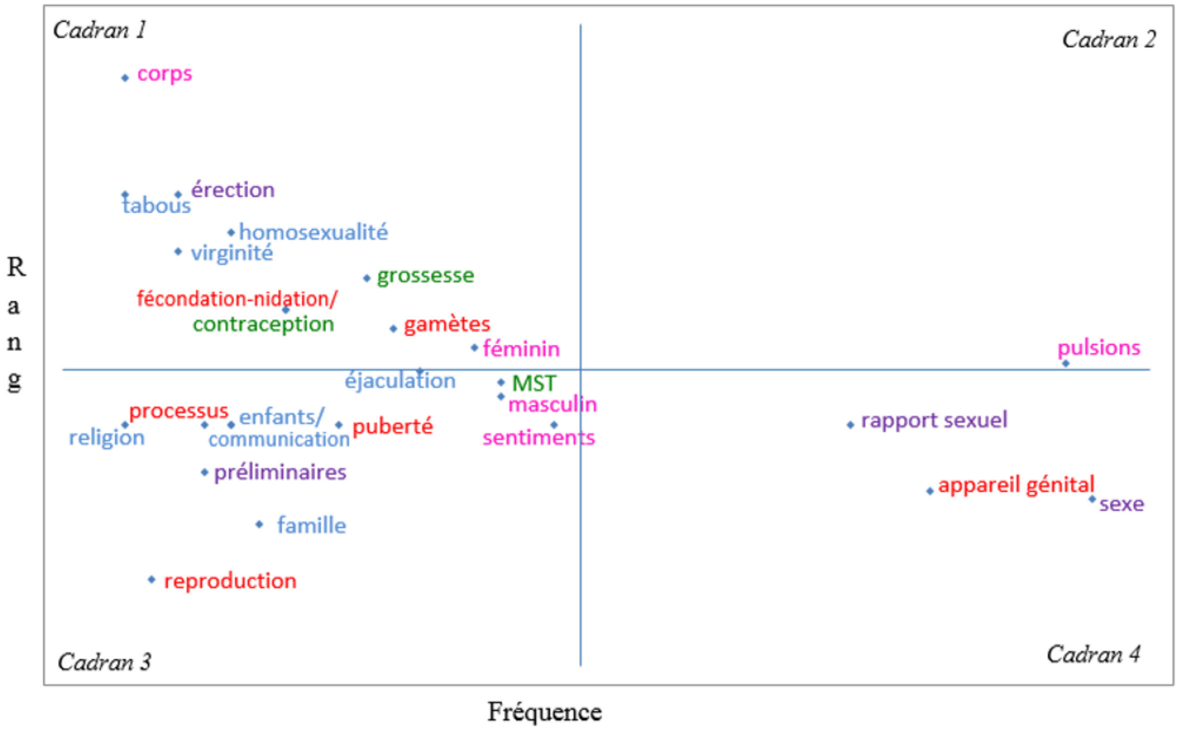


4.2...et de la sexualité

La figure 3 montre une représentation dont le noyau dur est constitué des éléments rapport sexuel, sexe et appareil génital avec une première périphérie constituée d'un seul élément pulsions. Ainsi, la sexualité serait limitée pour ces enseignants aux pratiques sexuelles dont l'appareil génital est l'outil pour répondre à une pulsion. Quant à la périphérie significative, elle serait sociale et masculine. En effet, les termes familles et enfants qui apparaissent non loin de religion refléterait le cadre socio-culturel et le but de la sexualité. Cette dernière serait une pratique instinctive répondant à des besoins physiologiques dans le but d'avoir des enfants et cela devrait se faire dans un cadre reconnu par la société et la religion : la famille. En outre, une importance serait attribuée à l'homme au détriment de la femme avec l'apparition des éléments masculin et éjaculation dans des rangs premiers alors que l'identité féminine apparait dans la périphérie éloignée.

[6] Selon Legardez (2001), il y a 3 niveaux de lecture de la grille (selon la diagonale SE-NO) : le degré de l'abstraction (plus les éléments forts sont concrets, plus il est difficile de ramener la représentation vers l'abstraction), le degré de centration (l'individu est centré sur lui-même ou sur son environnement) et le(s) domaine(s) qui domine(nt) la représentation sociale.

Figure 3 : représentation sociale des enseignants à propos de la sexualité



4.3 Relation entre reproduction et sexualité

La comparaison des éléments des deux représentations sociales nous permet de souligner une première intersection décelée à travers les éléments *appareil génital*, *reproduction*, *sentiments*, *puberté* et *féminin* qui ont gardé le même emplacement et même rôle pour les deux représentations. Cette relation est définie par Vergès comme *relation d'emboîtement*[7]. D'autres éléments qui sont situés dans le noyau dur d'une représentation apparaissent dans les périphéries de l'autre et qui sont fonctionnels. En effet, *enfants*, *famille* et *processus* apparaissent dans le noyau dur de la représentation de la reproduction et dans le système périphérique de celle de la sexualité alors que *sexe* et *rapport sexuel* figurent dans le système central de la représentation de la sexualité et dans le système périphérique de celle de la reproduction. Il est à noter que ces éléments sont fonctionnels pour les deux représentations et cette relation est définie par Vergès comme *relation de croisement*. Parallèlement, chaque représentation se distingue par des éléments qui lui sont propres.

Subséquemment, nous considérons cette relation entre la représentation sociale de la

[7] Selon Vergès cité par Lebatteux (2005), pour la *relation d'emboitement*, l'objet de niveau inférieur (objet emboîté) comprend l'objet supérieur (objet englobant) avec un statut normatif dans son système central. Cet élément du système central est de nature fonctionnelle. Pour *la relation de réciprocité*, chaque objet est présent dans le noyau central de l'autre au titre d'élément fonctionnel. Quant à *la relation de croisement*, les deux objets sont autonomes mais la mise en contexte fait apparaitre des éléments dans le système central pour un objet et en périphérie pour l'autre.

reproduction et celle de la sexualité comme une relation de *croisement-emboîté.* Elle est caractérisée par la présence d'éléments de noyau dur d'une représentation dans les périphéries de l'autre et vice-versa d'une part et la présence des mêmes éléments dans les mêmes zones des deux représentations d'autre part. Ces éléments sont fonctionnels pour les deux objets et l'interpellation de l'une implique la présence de l'autre.

5. Les pratiques d'enseignement

5.1 Les pratiques déclarées

- *Comment aborder la reproduction humaine*

Ce groupe d'enseignants déclarent qu'ils traitent sans aucune différence le thème de la reproduction humaine et les autres thèmes (digestion, respiration) et qu'il faut « se focaliser sur des notions scientifiques ». Leur premier objectif est de transférer des connaissances surtout en relation avec les IST reflétant ainsi l'impact de leurs représentations sociales à propos de la sexualité. L'explication des processus en relation avec le cycle reproducteur chez la femme, la fécondation, la nidation, l'anatomie, etc. constitue le deuxième objectif cité par la plupart des enseignants traduisant l'aspect mécano-descriptif de leurs représentations sociales à propos de la reproduction et de la sexualité. Une minorité a déclaré avoir des objectifs éducatifs et préventifs sans donner d'explication.

Pour notre échantillon, les dangers des IST, les méthodes contraceptives, ainsi que l'hygiène de la santé, bien qu'ils fassent partie des programmes officiels (PO), sont cités comme des horizons à ouvrir lorsqu'ils abordent le thème de la reproduction humaine. Une minorité déclare ne pas « aborder des notions hors programme ». Dans le même sens et pour ces enseignants, discuter de la puberté doit se faire dans le cadre de l'école en se limitant aux instructions officielles et pas avant l'âge de 14 ans ; comme ils refusent d'en discuter avec leurs enfants puisque le contexte socio-culturel ne le permet pas. En effet, ce groupe d'enseignants déclarent être « plus à l'aise avec les élèves car on présente les notions scientifiques alors que pour ses enfants, c'est un cadre familial et c'est un tabou ».

Concernant l'ES, la réponse de ces enseignants est départagée. En effet, la moitié de notre échantillon pense que l'ES ne constitue pas un sujet difficile à aborder en classe mais avec certaines limites et qu'il faut surtout « convaincre les élèves de ne plus le considérer comme sujet anormal ». L'autre moitié pense que cette éducation est un sujet difficile à traiter du fait qu'on fait partie d'une société arabo-musulmane et où la sexualité est un sujet tabou. En outre, la mixité dans les classes rend plus difficile cette tâche. Paradoxalement, ces enseignants pensent que c'est au professeur des SVT en premier lieu de faire l'ES, vient dans un second lieu les parents et notamment la mère. Le médecin, le sexologue, le psychologue et l'école devraient consolider leur rôle dans cette éducation.

Sur un autre plan, ce groupe d'enseignants déclarent les documents officiels (manuels et PO) comme références principales pour préparer leur cours. Les supports audiovisuels viennent dans un deuxième ordre, suivis par les livres scientifiques et médicaux. Un seul enseignant a déclaré faire recours aux recherches effectuées par les élèves. Par ailleurs, nous pointons le poids du contexte socio-culturel dans les déclarations des enseignants qui affirment ne pas donner ces ressources à leurs enfants d'une part et sur le fait de leur montrer des films et vidéos des sidéens qui illustrent leurs souffrances. Ceci confirme encore l'impact et le poids de leurs représentations sociales à propos de la sexualité sur leurs pratiques. En effet, la sexualité est intimement liée aux dangers des IST si elle est pratiquée dans un contexte autre que le couple marié. Quant à l'utilisation de ces documents, les enseignants seraient omniprésents puisque, pour eux, il s'agit de présenter, d'expliquer, de poser des questions et d'utiliser un vocabulaire adéquat en les utilisant.

- *Prise en considération des représentations sociales des élèves à propos de la reproduction et de la sexualité*

Les enseignants pensent que leurs élèves confondent reproduction et sexualité et qu'ils ont des connaissances très limitées à propos de la sexualité avec des représentations erronées à corriger surtout concernant quelques notions anatomophysiologiques. Ils pensent aussi que les élèves véhiculent deux représentations sociales communes aux Tunisiens : l'origine du bébé et le responsable de son sexe, sachant comme nous l'avons mentionné plus haut, que la femme stérile et celle n'ayant pas pu donner un garçon est dévalorisée socialement. Ce manque d'information nécessite, selon ces enseignants, une préparation des adolescents à la puberté. Cette préparation doit aider, d'une part, les parents à contrôler les relations entre les filles et les garçons, et d'autre part, elle aide les enfants à se préparer à leur rôle de « grand » dans la société surtout en relation avec la religion (Jeûne, prière, pas de relations sexuelles hors mariage surtout pour les filles). Cependant, selon l'étude de El Meddah (2013), la représentation des élèves à propos de la reproduction est différente de celle de la sexualité avant tout enseignement et que leurs attentes s'articulent autour des domaines psychologique (jouissance) et celui des pratiques sexuelles (le comment faire).

5.2 Les pratiques effectives des enseignants

Concernant les pratiques effectives des enseignants, nous nous sommes limitée à analyser les échanges en classe et le discours adoptés par ceux-ci afin de déceler l'impact de leur représentation sociale à propos de la reproduction et de la sexualité sur leurs pratiques en classe. Pour ce faire, nous avons adopté l'approche communicative centrée sur les pratiques discursives de l'enseignant fournissant une perspective sur la façon dont l'enseignant travaille pour développer des idées en classe. Cette approche caractérise ces échanges à travers deux dimensions : interactive/non-interactive et dialogique/ autoritaire (Scott et Mortimer, 2003).
Pour les 3 séances auxquelles nous avons assisté, l'enseignant s'appuie sur des ostensions verbales, textuelles et graphiques tout en étant le seul à l'origine de toutes les indications et les réponses des élèves sont induites par les questions de celui-ci. Conséquemment, ils instaurent et statuent le savoir à propos de la contraception en se limitant aux renseignements figurant dans les manuels et parfois en ignorant ceux qui pourraient donner lieu à des discussions. En effet, quant aux questions des élèves telles que « comment utiliser le préservatif ? Il n'est pas cher ? Quand peut-on avoir un rapport sexuel sans tomber enceinte ? » en relation principalement avec le domaine des pratiques sexuelles ; ces enseignants les discréditent et de là ils les refroidissent. Dans ce sens, ces échanges constituent une pseudo-interaction du fait que l'enseignant adopte une posture autoritaire-interactive puisque c'est lui seul qui gère cette interaction tout en donnant la parole aux apprenants pour répondre aux questions dont il est l'origine.
Par ailleurs, la contraception est présentée comme synonyme du planning familial ; elle présente un avantage sur la santé physiologique et mentale de la mère et un avantage économique. Ces informations, qui sont présentées par les enseignants, sont enveloppées par un discours socioculturel à propos de la sexualité fort présent dans leurs représentations sociales à propos de la sexualité. En effet, les deux partenaires sont désignés par « *la femme et son mari* » avec

une interdiction de la contraception définitive selon la religion. Outre cette enveloppe socioculturelle du discours, l'enseignant utilise un discours familier en interpellant les apprenants par *Benti* (ma fille) et *Weldi* (mon fils) ce qui instaure une double interdiction de parler de la sexualité : une première du fait qu'elle constitue un sujet tabou et interdit d'en discuter en famille en Tunisie (El Meddah, 2013) et une deuxième de ne pas déborder du programme où il y a un lourd silence à propos de la sexualité (El Meddah, 2013 ; Abdelli, 2005 et 2011).

5.3 Les pratiques des enseignants entre le déclaratif et le réel

L'écart entre l'écart entre ce que déclarent les enseignants et ce qu'ils font réellement dans la classe est souligné par plusieurs chercheurs (Altet et al., 1994 e 1996 ; Bru, 2004), résultat que nous notons aussi dans la présente étude. Cependant, nous avons repéré des ressemblances : se limiter aux volets scientifiques et avoir recours aux documents officiels, spécialement le manuel scolaire, ont été repérés aussi bien dans le discours des enseignants que dans leurs pratiques dans la classe. Ce qui montre l'importance du manuel scolaire pour eux. Cette importance du rôle du manuel scolaire comme source principale voire unique pour les enseignants a été signalée dans les recherches d'Alves et Carvalho (2007) et ceux de Smith et Kippax (2003). En outre, cette importance est décelée dans le fait que les enseignants déclarent ouvrir des horizons qui dépassent les programmes (comme les dangers des IST) alors qu'en réalité, ceux-ci font partie des contenus du manuel scolaire auquel les enseignants s'attachent et ne dévient pas.
Sur un autre plan, les enseignants disent prendre en considération les représentations sociales des élèves à propos de la reproduction humaine et de la sexualité et qu'ils instaurent un débat dans ce sens ; alors qu'en classe, ils adoptent une posture autoritaire (patterns question-réponse) sans aucune référence aux représentations sociales de leurs élèves évitant tout dépassement du contenu du manuel et refroidissant les questions vives en relation avec la sexualité. Ce qui reflèterait le malaise des enseignants par rapport à l'abord de ce thème. Ces résultats vont dans le même sens que ceux présentés dans les travaux de Cogérino-Marzin et Méchin (1998), d'Anastàsiocio (2005) et de Chung Lee (2002).
Quant à l'ES, aucun aspect éducatif n'a été soulevé pendant les séances-classe alors que les enseignants pensent que c'est le rôle du professeur des SVT en premier lieu. Ceci ne corrobore pas avec les résultats d'autres études (Anastàsiocio et al., 2005 ; Auzolat, 2010) qui stipulent que pour les enseignants, l'ES devrait être assurée par d'autres acteurs à savoir les parents et les professionnels de la santé.
Concernant la contraception, objet des séances d'observation, elle est présentée comme synonyme de planning familial et une décision à prendre par le mari et sa femme ; de plus les moyens contraceptifs sont à utiliser seulement par le couple marié ; ce qui fait entrer la contraception dans un moule social limitant le seul cadre de la sexualité à la famille. Cet aspect social de la famille est repéré aussi dans les travaux de Snyder et Broadway (2004) et Alves et Carvalho (2007) qui soulèvent la présence de l'image de la famille traditionnelle dans les manuels scolaires.
Mais pour ces enseignants, ce cadre social est consolidé par l'influence de la religion dévoilée dans le discours des enseignants à travers l'interdiction de la contraception définitive et l'obligation du mariage pour pouvoir avoir des rapports sexuels. Ceci rejoint leurs déclarations quand ils évoquent l'ES et la caractérisent comme sujet tabou et que la religion interdit ce genre de discussion dans la société. Paradoxalement, en Tunisie, plusieurs campagnes de sensibilisations sont assurées par des ONG à propos de cette éducation et de la prévention des IST. Conséquemment, l'élève tunisien véhicule l'idée de contraception depuis sa naissance construisant forcément à cet égard une représentation sociale qui l'aide à mieux comprendre, à gérer et à confronter le monde dans lequel il vit (Jodelet, 2003) mais se trouve dans un contexte scolaire qui interdit tout abord de la sexualité.

Conclusion : Les représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction humaine et de la sexualité et leurs pratiques d'enseignement

Il est à signaler que les enseignants de notre échantillon ont une expérience qui varie entre 4 et 30 ans et par conséquent, ils sont doublement influencés par le système éducatif tunisien. La première influence découle de leur statut d'élève subissant l'influence surtout de la première réforme éducative ; et la deuxième du fait de leur rôle d'enseignant des SVT. Cette influence se manifeste aussi bien dans leur représentation sociale à propos de la reproduction et de la sexualité d'une part et dans l'influence de celle-ci sur leurs pratiques d'enseignement.

L'analyse des représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité a montré une dominance de l'aspect mécano-descriptif appartenant au domaine anatomophysiologique. Ce dernier a constitué les objets d'enseignement prioritaires pour notre groupe d'enseignants avec des objectifs ayant des aspects mécano-descriptifs. La continuité de l'espèce, élément central de leur représentation sociale à propos de la reproduction, est citée fréquemment parmi les objets les plus importants à enseigner. Quant à la sexualité qui est représentée comme besoin instinctif et mécanique est manifesté dans la déclaration des enseignants à travers la relation qu'ils établissent entre les dangers des IST et la sexualité hors mariage.

Concernant le discours adopté par les trois enseignants dans la classe, il renvoie au cadre sociale de la reproduction et de la sexualité souligné dans les représentations sociales des enseignants qui est la famille. En effet, les enseignants de notre échantillon adoptent un discours socio-culturel dans la classe en présentant la contraception non seulement comme sujet à entreprendre seulement au sein d'un couple marié, mais aussi comme interdite par la religion si elle est définitive. Dans le même sens, la sexualité est perçue comme sujet tabou aussi bien dans les représentations des enseignants, dans leurs déclarations et dans leurs pratiques effectives. Concernant ces derniers, les enseignants adoptent une posture autoritaire interdisant tout dépassement du programme et refroidissant les questionnements des élèves en relation avec la sexualité. La relation de croisement-emboîté soulignée entre la représentation sociale de la reproduction et celle de la sexualité qui stipule que l'interpellation de l'une implique la présence de l'autre est bien remarquée dans le discours des enseignants puisqu'ils présentent la contraception comme seulement un moyen pour empêcher la reproduction avec absence de tout ce qui est en relation avec la vie sexuelle telle que la jouissance qui fait partie aussi des questionnements des élèves refroidis en classe.

En résumé, la double influence du système éducatif sur les représentations sociales des enseignants est indéniable. Les interdictions soulignées dans les programmes et les objectifs des programmes des SVT en relation avec la reproduction et la sexualité sont observées dans les représentations sociales des enseignants à propos de la reproduction et de la sexualité. Ces interdictions se manifestent aussi dans les pratiques des enseignants de notre échantillon. Conséquemment, ces pratiques ne permettent pas d'assurer une transition vers des valeurs universelles en relation avec la sexualité.

Pour terminer et comme le dit bien Giordan « Un nouveau citoyen n'est pas l'enfant d'un miracle, il est le fruit d'une histoire relayée de génération en génération.» (Giordan, 2005, p225). Ainsi, pour nos élèves tunisiens quels legs culturels en relation avec la sexualité vont leur transmettre les enseignants avec telles pratiques conservatrices, parallèlement à un contexte universel qui encourage la promotion d'une éducation sexuelle complète pour tous les jeunes du monde (UNESCO, 2017) ?

Bibliographie :

ABDELLI S. La reproduction et la sexualité humaine dans l'enseignement secondaire tunisien. Mémoire de master, Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue. 2005

ABDELLI. S., Perru. O. & Clément. P. Incidence de la culture musulmane sur les conceptions des enseignants tunisiens à propos de la reproduction et de la sexualité : interaction entre valeurs et connaissances scientifique. In Martinand J-L et Triquet. E. Actes JIES XXIX, Chamonix, France. 2008

ABDELLI S. La reproduction humaine et l'éducation à la sexualité en Tunisie et en d'autres pays francophones : analyse des manuels et des conceptions d'enseignants. Thèse de doctorat Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue, 2011.

ABRIC J.C. L'étude expérimentale des représentations sociales. In *Les représentations sociales* (Jodelet. D. dir). Ed. Puf (7ème édition, 2003), p.205-223. 1989

ALTET M. Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*. Volume 138, 2002. P. 85-93, 2002

ALVES, G. & CARVALHO, G.S. Reproduction and Sex Eduction in Portuguese Primary School Textbooks: a poor contribution to scientific learning. In proceedings of IOSTE international meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks, Hammamet (Tunisia), 7 – 10 February 2007

ANASTACIO, Z., CARVALHO, G.S. & CLEMENT, P. Portuguese primary school teachers' conceptions and obstacles to teach sex education. In: M.. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S.D. Tunnicliffe (Eds.) Biology in Context – Learning and teaching for the twenty-first century. London: Institute of education, University of London, pp. 283-299, 2008.

ANASTACIO, Z., CARVALHO, G.S. & CLEMENT, P. " Les difficultés des enseignants face à l'introduction de l'éducation sexuelle au Portugal : influences du sexe, de la religion et de plusieurs autres paramètres". Quatrième rencontres scientifiques de l'ARDIST. (pp. 417-418) Lyon, 2005b

ANASTACIO, Z., CARVALHO, G.S. & CLEMENT, P. "Teachers' conceptions of, and obstacles to, sex education in Portuguese primary schools". In *Developing Standards on Science Education* (H. Fischer Ed.). London: Taylor & Bfrancis Group, pp. 47-54, 2005.

AUZOLAT P., *Education à la sexualité : prise en compte des conceptions des élèves et posture enseignante*. Mémoire de master 2 HPDS, Université Montpellier 2, Laboratoire LIRDEF (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Education et Formation), 2010.

BERNARD S. (2004). *L'enseignement de la reproduction et de la sexualité humaine dans le secondaire de 1950 à nos jours : analyse comparative des programmes et textes officiels de l'Éducation Nationale*. Mémoire de DEA, Université Claude Bernard, Lyon 1.

BERNARD, S., CLEMENT, P. & CARVALHO, G.S. (2007) “Méthodologie pour une analyse didactique des manuels scolaires, et sa mise en oeuvre sur un example” In : Le Manuel scolaire d’ici et d’ailleurs, d’hier à demain (Coord : M. Lebrun) Presses de l’Université du Québec (CD)

BESSIS. S. Le féminisme institutionnel en Tunisie. *Clio*, numéro 9/1999, Femmes du Maghreb, [En ligne], mis en ligne le 22 mai 2006. URL : http ://clio.revues.org/document286.html. Consulté le 26 juin 2007, 1999.

BOUHDIBA. A. *La sexualité en Islam*. Puf, Paris 1975.

BRESSOUX P., BRU M., ALTET M. et LECONTE-LAMBERT C., Diversité des pratiques d’enseignement à l’école élémentaire. *Revue Française de Pédagogie*, n° 126, janvier-février-mars 1999, p.97-110, 1999.

BRU M. Pratiques enseignantes : des recherches à conforter et à développer. *Revue française de pédagogie*. Volume 138, 2002. P. 63-73, 2002.

BRU M., ALTET M. et BLANCHARD-LAVILLE C. (2004). À la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue Française de Pédagogie*, n° 148, juillet-août-septembre 2004, p.75-87

CARVALHO.G. ALVES, G., ANASTACIO, Z. & CLEMENT, P. “Reproduction and sex education in primary school textbooks and teachers’ role”. (Comunicação oral). XII IOSTE Symposium: Science and Technology Education in the Service of Humankind, Penang, 30.07 – 4 .08.2006

Code de Statut Personnel. Imprimerie officielle, 2006.

COGERINO. G., MARZIN P. & MECHIN. N. Prévention santé : pratiques et représentations chez les enseignants d’Education Physique et Sportive et de Sciences de la Vie et de la Terre. In *Recherche et Formation*. Vol n°28, INRP, Paris,1998.

DAVID S. *Contraception*. Edition Masson, 2007.

El MEDDAH. F. *L’éducation sexuelle dans l’école tunisienne*. Thèse de doctorat Institut Supérieur de l’Éducation et de la Formation Continue, 2013.

FLAMENT C. Structure et dynamique des représentations sociales. In *Les représentations sociales* (Jodelet. D. dir). Ed. Puf (7ème édition, 2003), p.224-238, 1989.

FOUCAULT. M. *Histoire de la sexualité*. *La volonté de savoir* ; vol 1. Édition Gallimard, édition 2004. 1976

FOUCAULT. M. (1984). *Histoire de la sexualité*. *L’usage des plaisirs* ; vol 2. Édition Gallimard, édition 2007.

GAUTHIER C., DESBIENS J.-F., MALO A., MARTINEAU S. & SIMARD D. *Pour une théorie de la pédagogie – Recherches contemporaines sur le savoir des enseignants. Paris-Bruxelles,* De Boeck & Larcier,1997.

GIORDAN. A. (1998). *Apprendre* ! Ed. Belin (imprimé en France par IME, juillet 2005)

HAFFANI.F (2005). *La sexualité des hommes tunisiens*. Pr Haffani publications.

JODELET. D. Représentations sociales : un domaine en expansion. In *Les représentations sociales* (Jodelet. D. dir). Ed. Puf (7ème édition, 2003), p47-78. 2003.

LEGARDEZ. A. *La didactique des sciences économiques et sociales. Bilan et perspective*. Publications de l'Université de Provence, 2001

LEGARDEZ. A. L'utilisation de l'analyse des représentations sociales dans une perspective didactique : l'exe mple de questions économiques. *Revue des sciences de l'éducation*. Volume 30, numéro 3, pages 647-665, 2004.

LEGARDEZ. A. Enseigner des questions socialement vives : quelques points de repères. In *l'école à l'épreuve de l'actualité : enseigner les questions vives*. (dir. Legardez A., Simonneaux L.), ESF éditeur, Paris. P19-31, 2006

POPOVA. V.J., La sexualité de 6 à 66 ans. Projet d'éducation sexuelle dans la société moderne. *Cahier sexol.clin*. vol 22 N°132, 1996

REICH. W. *La révolution sexuelle*. Brodard et Taupin, Paris, 1970.

SMYTH. E. Single-sex Education: What Does Research Tell Us? *Revue française de pédagogie*. Vol.171, avril-mai-juin, p47-55, 2010.

TARDIF M. & LESSARD C. (), *Le travail enseignant au quotidien. Expérience, interactions humaines et dilemmes professionnels*, Edition De Boeck, Bruxelles. 1999

Vergès P (2001). L'analyse des représentations sociales par questionnaires. In : *Revue française de sociologie*. 2001, 42-3. P. 537-561.

UNESCO. *Déclaration d'Incheon et cadre d'action pour la mise en œuvre de l'objectif du développement durable 4 : Assurer à tous une éducation équitable, inclusive et de qualité et des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie*. Edition UNESCO, 2016.

UNESCO. *Stratégie de l'UNESCO sur l'éducation pour la santé et le bien-être : Contribution aux objectifs de développement durable*. UNESCO, 2017

UNESCO. E*ducation sexuelle complète : nouveaux éléments d'information, enseignements et pratiques* Publié en 2017 par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France, 2017.

L'innovation dans la pédagogie des sciences de la santé : analyse de revues de littérature

Brahim Darraj[1], Bouchra Gourja[2] , Abderrazak Faiq[3] , El Mostafa Tace[4] , et Said Belaaouad[5]

Résumé

Introduction : *Les situations de soins rencontrées par les infirmiers dans l'ensemble des milieux professionnels sont toujours plus complexes et nécessitent un certain nombre de compétences spécifiques.*
Notre étude avait pour objectif d'analyser des revues sur les stratégies innovantes qui amènent l'étudiant à être engagé activement dans ses apprentissages.
Méthodes : *elle consistait en une analyse d'une revue de la littérature scientifique sur le concept innovation pédagogique dans la formation des professionnels de la santé.*
Pour analyser les données nous avons utilisé une grille de lecture pour décrire les déterminants de l'innovation dans la pédagogie des sciences de la santé.
Résultats : *l'analyse de 37 articles sur le sujet, a permis d'identifier six éléments fondamentaux pour développer des stratégies nécessaires à l'innovation en formation des professionnels de la santé: l'approche centrée sur l'apprentissage, la gestion de l'innovation, le leadership pédagogique, la recherche , la culture et les acteurs de l'innovation. L'important n'est pas d'innover, mais plutôt d'axer les efforts sur la recherche portant sur les pratiques innovatrices déjà en place.*
Conclusion : *notre étude a permis de synthétiser un nombre important d'études récentes afin d'analyser l'innovation dans la pédagogie des sciences de la santé.*

Mots clés : innovation ; formation ; stratégie ; pédagogie ; sciences de la santé.

○ Introduction

Les innovations dans le domaine de la pédagogie des sciences de la santé peuvent être de différentes natures. Elles peuvent porter sur les stratégies éducatives, les approches d'enseignement, les activités des différents acteurs ou encore sur les programmes et la technologie qui peut être en soutien.
Ce texte vise à définir l'innovation pédagogique et à différencier les stratégies qui mènent aux développements de l'innovation dans le domaine des sciences de la santé.

Comme de nombreux vocables terminés par « — ation », le mot innovation désigne à la fois un processus et son résultat (Fernez-Walch & Romon, 2006). D'après son étymologie, le terme innovation signifie « introduire du nouveau dans », c'est-à-dire qu'il s'agit d'introduire une chose

[1]**Laboratoire de Chimie Physique des Matériaux** (LCPM), Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca.
[2]**CRMEF** de Casablanca-Settat
[3]**Laboratoire de Chimie Physique des Matériaux** (LCPM), Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca.
[4]**Laboratoire de Chimie Physique des Matériaux** (LCPM), Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca.
[5]**Laboratoire de Chimie Physique des Matériaux** (LCPM), Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca.

nouvelle dans un contexte existant.

Le concept d'innovation est vaste et défini de façon différente selon les auteurs, leurs cadres de référence et leurs centres d'intérêt. Cependant, la littérature fait ressortir quelques caractéristiques générales qui permettent d'en saisir l'essence.

Dans leur livre « l'innovation en éducation et en formation », (Cros et Adamczewski, 1996) construisent une définition par opposition aux concepts de réforme et de novation. Alors que la réforme s'associe à des critères d'efficacité et de rentabilité et que la novation est liée à l'objet, à l'œuvre ou au produit, l'innovation s'inscrit davantage dans un processus campé dans un contexte donné. « *L'innovation est une forme d'intervention humaine, audacieuse ou prudente, dans les mouvements auto-organisés mais aussi autodestructeurs, des personnes, des groupes et des institutions. Une sorte d'ingérence collaborative, propositive ou impositive. L'innovation est un processus pluridimensionnel qui met en communication des auteurs et des acteurs, dans une aventure, dans une incertitude collective; ce qui vient et advient de cette incertitude est son objet, son inquiétude et sa promesse* ». (p.20)

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, différents auteurs, dont Béchard (2001), soulignent que l'innovation pédagogique concerne finalement tout ce qui ne relève pas de l'enseignement magistral ou frontal. L'enseignement supérieur étant conservateur (Louvel, 2013), cette méthode est utilisée par une très grande majorité de professeurs, et ce, du primaire jusqu'à l'université. Ainsi, le caractère « novateur » de l'innovation tient, semble-t-il, surtout à la différence vis-à-vis de la norme, que ce soit du point de vue pédagogique ou curriculaire.

Au Maroc, après la réforme des études paramédicales et leur adaptation au système Licence-Master-Doctorat (le décret n°2.13.658 du 30 septembre 2013), la refonte du diplôme d'Etat d'infirmier devient un sujet majeur pour l'Etat. De fait, le ministère de la santé a organisé plusieurs formations, aux profits des formateurs des Instituts Supérieurs des Professions Infirmières et Techniques de Santé (ISPITS), centrées sur « l'approche par compétence », afin d'accompagner ce changement. A cet égard, nous citons la formation réalisée par l'experte espagnole Lucía Mazarrasa (2013) pour la mise à niveau de ce système aux enseignants permanents des ISPITS, cette même experte a élaboré un guide méthodologique en APC : document méthodologique concernant l'approche par compétences et son application aux programmes de formation des professions infirmières et techniques de santé. Mais suffit-il de créer un changement au niveau pédagogique, alors que les innovations dans les établissements de la formation peuvent être de différentes natures. Elles peuvent porter sur les stratégies éducatives, les approches d'enseignement, les activités des différents acteurs ou encore sur les programmes et la technologie qui peut être en soutien.

Face à ce constat, il nous a semblé intéressant de faire le point sur les déterminants de l'innovation dans les établissements de la formation en sciences de la santé.

○ Matériels et Méthodes

Notre étude consistait en une revue de la littérature scientifique.

Pour analyser cette revue, nos critères de sélection étaient : des articles, revues, rapports, présentations orales, congrès, pages web..); publiés sur le sujet de l'innovation pédagogique dans les établissements de la formation en anglais ou en français ; dont le titre ou les mots-clés contenaient au moins un des termes de la recherche ou à défaut, évoquaient fortement l'innovation dans le domaine de l'éducation et de la formation.

Les « domaines » ne correspondant pas à notre domaine de recherche étaient exclus.

Les mots-clés retenus pour notre recherche, étaient «l'approche centrée sur l'apprentissage ; le leadership pédagogique; la gestion de l'innovation ; la recherche ».

3. Résultats

Pour analyser les données nous avons utilisé une grille de lecture pour décrire les déterminants de l'innovation dans les établissements de la formation en sciences de la santé.
Chaque article a été lu et analysé grâce à une grilles développées spécifiquement pour l'étude et correspondant à chacun des objectifs.
L'analyse de 37 articles sur le sujet, a permis d'identifier six éléments fondamentaux pour innover dans les établissements de la formation en sciences de la santé :

3.1 La pédagogie centrée sur l'enseignant ou centrée sur l'apprenant :

L'association américaine de psychologie affirme, dans son rapport analysant les supports théoriques en faveur de l'apprentissage centré sur l'apprenant, que « les apprenants qui réussissent sont actifs, dirigés vers un but qu'ils s'autorégulent et assument une responsabilité personnelle pour contribuer à leur propre apprentissage » (APA, 1997). Ceci n'implique pas obligatoirement que les apprenants doivent être seuls pour réaliser cela.
La présente figure illustre trois dimensions qui s'inscrivent dans une continuité entre l'instruction centrée sur l'enseignant et celle qui est centrée sur l'apprenant. Elle montre que l'instruction centrée sur l'apprentissage constitue une voie intermédiaire.

Figure 1 : approche centrée sur l'apprentissage (KAUFMAN 2002)

Dimension	**Centrée sur l'enseignant**	**Centrée sur l'apprentissage**	**Centrée sur l'apprenant**
Les objectifs	Établis par l'enseignant	Établis par les deux	Établis par l'apprenant
Le processus d'apprentissage	Dirigé par l'enseignant	Partagé	Dirigé par l'apprenant
L'évaluation	Réalisée par l'enseignant	Partagée	Réalisée par l'apprenant

Dans les environnements d'éducation médicale, les objectifs sont généralement établis par les enseignants, par les facultés ou, dans les hôpitaux, par les départements cliniques. Les listes d'objectifs sont alors communiquées aux étudiants qui doivent s'assurer de leur maîtrise. À l'opposé, dans les modèles centrés sur les apprenants, ce sont ces derniers qui déterminent ce qu'ils veulent ou ont besoin d'apprendre : ils établissent eux même leurs objectifs. L'approche centrée sur l'apprentissage, elle, plaide en faveur d'une double contribution dans l'établissement des objectifs.

Dans le domaine des sciences de la santé, l'approche centrée sur l'apprentissage sous-tend le recours à une diversité de stratégies d'enseignement et d'apprentissage amenant l'étudiant à être engagé activement dans ses apprentissages (Kala, Isaramalai, Pohthong, 2010)

Cette approche permet de se concentrer sur la création d'un environnement qui met l'emphase sur l'apprentissage et non l'enseignement ; il est prioritaire de réorienter l'attention sur les résultats d'apprentissage plutôt que sur le contenu à transmettre ; il faut donc revoir à la baisse le contenu d'un cours lorsque l'on passe d'une approche centrée sur l'enseignement à un programme centré sur l'apprentissage (Dalley, Candela, Benzel-Lindley, 2008)
Pour Foucambert (1976), en opposition avec le concept d'apprentissage, le concept d'enseignement est plus facile à définir. L'enseignement, c'est l'ensemble des interventions qui se proposent d'agir sur un apprentissage, soit pour empêcher qu'apparaissent certains comportements ou pour les faire disparaître, soit pour tenter d'orienter l'apprentissage vers un modèle défini de comportements, soit pour laisser l'apprentissage se développer de la manière la plus favorable en lui apportant une aide mais sans viser de normes. On peut ainsi définir des styles d'éducation en recensant, d'une part, les apprentissages que l'on cherche à favoriser, d'autre part, les types d'interventions que l'on opère sur ces apprentissages.

La figure 2 propose une comparaison entre les deux concepts.

Figure 2 : logique d'enseignement vs logique d'apprentissage

Logique de l'enseignement	**Logique de l'apprentissage**
Enseigner	permettre un apprentissage autonome
Former aux méthodes d'apprentissage aux méthodes d'apprentissage	laisser les élèves mettre en œuvre leurs propres stratégies individuelles d'apprentissage individuelles d'apprentissage
prendre en compte les exigences institutionnelles	se centrer sur l'apprenant apprenant
intervenir activement auprès des plus faibles en les sollicitant et en leur fournissant les moyens de progresser à partir de leur niveau	permettre aux plus forts d'utiliser au maximum leurs capacités d'apprentissage capacités d'apprentissage
maintenir les conditions d'un enseignement collectif en assurant une progression collective a priori conditions d'un enseignement collectif en assurant une progression collective a priori	permettre l'individualisation des apprentissages l'individualisation des apprentissages

Le recours à des stratégies d'enseignement centrées sur l'étudiant favorise le développement optimal de la pensée ainsi que l'engagement des étudiants dans leur cheminement (Dalley, Candela, BenzelLindley, 2008). Ainsi, un programme de formation basé sur l'analyse de cas cliniques encourage les étudiants à être actifs dans la construction de leurs connaissances tout en développant leurs compétences et ainsi être en mesure de synthétiser.

3.2 La culture de l'innovation

Tout d'abord, l'innovation baigne dans une culture et un contexte. Ceux-ci sont déterminants dans son implantation, car la culture d'un établissement est construite par les acteurs, la plupart du temps de manière inconsciente (Gather Thurler, 2000). Ainsi, tout comme il y a une culture d'entreprise ou une culture d'école ou d'établissement, il y a une culture de l'innovation, liée à la structure de l'organisation elle-même. En effet, il arrive parfois que l'échec d'une innovation soit principalement dû à un manque de prise en compte de la culture de l'établissement de la culture de l'établissement scolaire (Chelly & Mankai, 2010). Toutefois, soulignons que la logique de l'organisation ou de l'institution et la logique de l'innovation, tout en étant parfois antagonistes, se nourrissent mutuellement.

Mettre en place un programme innovant, c'est nécessairement provoquer un changement. Celui-ci est toujours perçu de diverses manières par les acteurs qui vont le vivre, et ce, en fonction de leur histoire personnelle ou de leur groupe d'appartenance. Subséquemment, l'institution qui fait le choix de se lancer dans la mise en place d'un programme innovant prend des risques, notamment celui de changer le code commun des personnes qui y travaillent. Il arrive alors que certains professeurs perçoivent les propositions d'innovation comme de réels sacrilèges, parce que l'on remet en question des pratiques ou des structures qu'ils considéraient comme intouchables, ce qui crée chez eux une réelle résistance au changement. Cette résistance est pour d'aucuns une phase de maturation qu'il importe de prendre en considération (De Divonne, 2006).

Dès lors, il apparaît que chaque université, voire faculté ou département, qui souhaite mettre sur pied un programme innovant, exige de ce fait des modifications profondes tant des conceptions que des pratiques des principaux acteurs concernés. On doit le faire en analysant finement la culture dans laquelle ce changement sera instauré puisque la culture peut à la fois être un frein et un levier, une contrainte et une ressource.

3.3 Les acteurs de l'innovation

En regard d'un contexte d'innovation en enseignement supérieur, Bédard et Béchard (2009) soutiennent que changer ou innover dans le supérieur implique des facteurs de risque. Il y a bien sûr des dangers, mais également des opportunités. Ces deux facettes de la médaille sont indissociables. Comme acteurs du changement, il importe de les considérer et de les soupeser à leur juste valeur.

Dans un processus d'innovation, il est impossible de ne pas tenir compte des acteurs puisque le changement est avant tout un projet collectif. Chez certains acteurs, le besoin de changement et la motivation pour amener ce changement sont plus forts que chez d'autres, et ce, pour de nombreuses raisons aussi bien personnelles que professionnelles. De plus, dans toute institution, les changements représentent toujours un moment névralgique pour l'articulation des rôles des différentes personnes qui la constituent. Ainsi, il est probable qu'en fonction de leur rapport à l'environnement, à la dimension interpersonnelle ou encore à l'objet de l'innovation, les acteurs réagiront différemment face à une innovation. En ce sens, Loilier et Tellier (1999) considèrent que, comme pour toute activité sociale, l'innovation n'échappe pas au phénomène des « meneurs » et des « suiveurs ». Inspirés par l'approche de Bataille (1996), nous avançons l'idée de quatre rôles possibles : 1) impliquer (être un moteur), 2) s'impliquer, 3) être impliqué, et 4) refuser de s'impliquer (Lison, 2011). Il importe de garder à l'esprit le caractère évolutif de ces attitudes et l'importance de prendre en compte les positions de chacun comme des leviers de changement, puisque l'innovation ne peut vivre de manière isolée (Cros, 2007 ; Gannaway *et al.*, 2013). Évidemment, « le vécu du changement est […] influencé par les caractéristiques personnelles ou collectives des [individus] » (Ntebutse, 2009), ou encore par leur groupe d'appartenance (Gather Thurler, 2000). Tout cela influence le rapport de l'individu à l'innovation en tant que telle.

Pour que l'innovation se mette en place ou qu'initialement une réflexion s'enclenche, il est indispensable que les acteurs osent une remise en question, moment incontournable dans l'innovation. Il importe qu'ils prennent le risque de discuter de la situation actuelle, de ce qu'ils veulent changer et, par conséquent, de ce qu'ils sont prêts à investir. Pour ce faire, les acteurs s'engagent dans une démarche d'appropriation caractérisée par une logique de résolution des problèmes auxquels ils sont confrontés.

3.4 Le leadership pédagogique

Selon l'association des infirmières et infirmiers du Canada (2013), le leadership consiste à conjuguer la science à une compréhension profonde des besoins de la population dans le domaine de la santé (…) pour permettre d'envisager de nouveaux avenirs et faire progresser la discipline des soins infirmiers.

Depuis la dernière décennie, il existe un intérêt considérable accordé à l'importance du leadership dans le domaine de l'apprentissage. Le travail le plus essentiel qu'un chef de file dans ce domaine peut accomplir, c'est de soutenir et de promouvoir des milieux d'apprentissage de qualité pour les jeunes étudiants. Or, pour cela, il faut un leadership pédagogique au-delà du leadership administratif.

La pédagogie peut se définir comme la compréhension de la manière dont l'apprentissage se déroule et des facteurs qui y interviennent, dans la théorie et la pratique. Il s'agit essentiellement de l'étude des processus d'enseignement et d'apprentissage. Le leadership est quant à lui souvent défini comme l'action de diriger ou de guider des personnes ou des groupes. Si nous conjuguons ces deux éléments, nous nous retrouvons avec la notion du leadership pédagogique qui dirige ou guide l'étude des processus d'enseignement et d'apprentissage.

Une abondante littérature en psychologie sociale (Levine & Moreland, 1990 ; McGrath, 1984). et en comportement organisationnel (Bettenhausen, 1991 ; Sundstrom, De Meuse & Futrell, 1990), montre que la performance des équipes de travail exige des modalités d'action collective à la fois sur le plan des relations interpersonnelles (gestion des conflits, résolution collaborative des problèmes, communication interne et externe) et sur le plan managérial (choix des objectifs communs, coordination et planification des tâches). Plusieurs recherches ont montré que les variations de performance entre les équipes peuvent être expliquées par la structure des équipes (Cohen & Bailey, 1997 ; Williams, Parker & Turner, 2010). Une structure d'équipe s'établit à travers « les relations déterminant l'allocation des tâches, des responsabilités et de l'autorité » (Stewart & Barrick, 2000). Or la distribution de l'autorité dans les groupes varie considérablement selon les organisations. Hackman (1987), distingue 3 configurations typiques de leadership dans les équipes : l'équipe hiérarchique, l'équipe autonome dans son fonctionnement bien que formellement rattachée à un responsable hiérarchique, et l'équipe non hiérarchique. Dans les trois cas, le leadership peut être défini comme la « capacité d'orienter et de mobiliser durablement un groupe d'individus vers l'accomplissement de buts précis » (Robbins, Judge & Gabilliet, 2006). Il est généralement associé à la figure d'un leader, défini comme » l'individu le plus susceptible de diriger les comportements des autres membres » (De Souza & Klein, 1995).

Cependant dans les équipes autonomes ou non hiérarchiques, le leadership n'est pas focalisé sur une personne mais plutôt réparti entre les différents membres du groupe. Il est alors conceptualisé comme un ensemble de fonctions prises en charge par le groupe (Gibb, 1954) et plus précisément comme une « collection de rôles et de comportements qui peuvent être distribués, partagés, inter changés séquentiellement ou simultanément » (Barry, 1991). De nature émergente et relationnelle, le leadership distribué conduit à des influences mutuelles entre les coéquipiers, voire à de meilleures performances que le leadership focalisé sur une personne. Notamment lorsque les membres de l'équipe ont une compétence liée à une tâche complexe à effectuer et qui nécessite une forte interdépendance (Barry, 1991).

Barry a mis en évidence 4 fonctions de leadership :

- Visionnaire (élaborer une vision commune) ;
- Organisateur (planifier, partager et contrôler l'exécution des tâches) ;
- Calibreur (représenter le groupe à l'extérieur) ;
- Social (favoriser les échanges entre les membres) ;

3.5 La planification de l'innovation

Peut-on programmer l'innovation ?. Si la question est ancienne (Alter, 1995), peu de chercheurs l'ont abordée directement. L'innovation est une forme de transgression qui survient dans l'entreprise. Elle ne se conçoit, au moins un temps, qu'en opposition à un ordre établi et déclenche donc une forme de désordre. Cette vision s'avère dès lors difficile à concilier avec tout un champ de la recherche en matière d'innovation. Celui-ci admet en effet, dans le même temps, que l'innovation peut être favorisée, et même gérée, par la mise en place de mécanismes adéquats. Les états déterminent d'ailleurs leurs politiques publiques afin de générer un système national d'innovation qui sera de nature à favoriser l'émergence des innovations. Au moins de manière implicite, les chercheurs considèrent donc que l'innovation peut être planifiée même si, à l'évidence, cette idée se situe en tension avec le désordre créateur qu'est censée générer l'innovation.

Lors de la planification, il est nécessaire d'identifier et de déterminer la façon de faire pour mobiliser des ressources qui seront nécessaires au projet. Les ressources matérielles, humaines et le temps requis pour l'implantation de l'innovation seront à documenter (Hall, 2009). L'équipe projet, soit les membres responsables de son implantation et de son suivi, agira comme coach en créant un sentiment d'urgence et en établissant des objectifs à court terme pour motiver les destinataires du changement (Dalley, Candela, Benzel-Lindley, 2008).

3.6 La recherche

Diekelmann (2002) soutient que présentement, l'important n'est pas d'innover, mais plutôt d'axer les efforts sur la recherche portant sur les pratiques innovatrices déjà en place. Sans le développement de la recherche sur les innovations pédagogiques, les connaissances sur la pratique en enseignement selon les résultats probants, les apprentissages et l'efficacité des différentes approches demeurent inexpliquées et anecdotiques. Selon cet auteur, les instruments et les méthodes pour évaluer les innovations pédagogiques sont absents. Il est donc primordial de développer la science de la recherche en éducation des sciences infirmières afin que les risques liés aux innovations soient diminués et que les bénéfices en découlant puissent être utilisés dans la pratique de l'enseignement.

Le financement de la recherche en sciences infirmières au Canada, par exemple, a connu un essor considérable au cours des 10 à 15 dernières années. C'est en partie grâce aux investissements accrus des gouvernements fédéraux et provinciaux, par des programmes spécifiques de financement pour les recherches en sciences infirmières, par exemple l'Institut de recherche en santé du Canada (IRSC) et le Fond canadien pour la recherche sur les services de santé (FCRSS) (ACESI, 2008).

La recherche est de moins en moins une activité individuelle. Les thèmes abordés en sciences infirmières touchent souvent plusieurs secteurs disciplinaires qui favorisent le travail en équipe composée de chercheurs provenant de plusieurs disciplines (ACESI,2008).Les sujets abordés portent sur la santé, les services de santé et les populations. Les thèmes abordés sont très diversifiés, mais peuvent être regroupés en trois catégories principales : les études portant sur des questions de santé particulières (maladies chroniques, santé de la reproduction, douleur et soins palliatifs), les études portant sur l'organisation des services de santé et celles en lien avec la promotion de la santé (ACESI,2008).Ces thèmes sont influencés par les politiques de santé nationales, provinciales et régionales et les thèmes priorisés par les organismes subventionnaires. Il existe une concordance marquée entre les thèmes privilégiés de la recherche en sciences infirmières et les préoccupations exprimées dans les divers rapports nationaux et internationaux sur les services de santé (ACESI, 2008).Il va sans dire que les infirmières ont aussi une préoccupation qui tient compte de la pratique infirmière et des besoins de la population. L'utilisation de la recherche et la pratique fondée sur les données probantes, prennent toute leur importance dans l'amélioration des soins infirmiers donnés à la population.

Conclusion

Cette recherche a permis de synthétiser un nombre important d'études afin d'analyser le concept d'innovation dans la pédagogie des sciences de la santé.
Développer et implanter une innovation pédagogique en sciences de la santé est donc bien plus qu'une simple réorganisation d'un contenu d'enseignement, il nécessite le développement d'une stratégie pédagogique impliquant plusieurs volets de l'innovation :

- le choix pédagogique : en adaptant une approche centrée sur l'apprentissage (et non sur l'enseignement), c.-à-d. le recours à une diversité de stratégies d'enseignement et d'apprentissage amenant l'étudiant à être engagé activement dans ses apprentissages.

- la recherche : en développant la science de la recherche en éducation des sciences de la santé afin que les risques liés aux innovations soient diminués.

- la planification : en déterminant les ressources qui seront nécessaires au projet de l'innovation(les ressources matérielles, financières, humaines et le temps requis pour l'implantation de l'innovation).

- le leadership pédagogique : visionnaire, organisateur, calibreur et social.

- la culture : en analysant finement la culture dans laquelle un changement sera instauré puisque la culture peut à la fois être un frein et un levier, une contrainte et une ressource.

- et les acteurs de l'innovation : en tenant compte des acteurs puisque le changement est avant tout un projet collectif.

Notre étude comporte certaines limites qu'il convient de discuter et de confronter avec ses forces. Tout d'abord, concernant la revue de la littérature, nous nous sommes volontairement limités à 37 références. Celle-ci ne peut donc en aucun cas être présentée comme exhaustive.
Le second point est celui du choix des mots-clés, puisque malgré une phase exploratoire ayant permis de cibler les mots-clés, un biais n'est pas exclu.

Références

Alter, N. (1995).*Peut-on programmer l'innovation ?* Revue Française de Gestion, 103, 78-86.

American Psychological Association. (1997). *Learner-centered psychological principles:a framework for school redesign and reform*. Repéré à https://www.apa.org/ed/governance/bea/learner-centered.pdf

Association des Infirmières et Infirmiers du Canada. (2013). *Le leadership de la profession infirmière*. Repéré à https://www.cna-aiic.ca/-/media/cna/page-content/pdf-fr/le-leadership-de-la-profession-infirmiere_enonce-de-position.pdf

Bataille, M. (1996). Modalités d'implication des acteurs dans le processus d'innovation. Dans F. Cros & G. Adamczewski (dir.), *L'innovation en éducation et en formation (*1e éd., vol. 2*, p.119-127). Bruxelles : De Boeck*

Barry, D. (1991). *Managing the bossless team: lessons in distributed*. Leadership Organizational Dynamics, 20(1), 31-48.

Béchard, J.-P. & Bédard, D. (2009). *Quand l'innovation pédagogique s'insère dans le curriculum*. Dans D. Bédard & J.-P. Béchard (dir.), Innover dans l'enseignement supérieur (*2e éd., vol.* 3, p.45-59). Paris : Presses universitaires de France.

Béchard, J.-P. (2001). *L'enseignement supérieur et les innovations pédagogiques : une recension des écrits*. Revue des sciences de l'éducation (3e éd., vol. 27(2), p. 257-28).

Bettenhausen, K.L. (1991). *Five years of group research: what have we learned and what needs to be addressed*. Journal of Management (17(2), p.345-381). https://doi.org/10.1177/014920639101700205

Chelly, M.A. & Mankai, S. (2010, mai). *Réussir le changement pédagogique dans l'enseignement supérieur : l'expérience de mise en place d'un dispositif « écoute enseignant ».* Communication présentée au 26e colloque de l'AIPU, Rabat, Maroc.

Cohen, S.G. & Bailey, D.E. (1997). *What makes teams work: group effectiveness research from the shop floor to the executive suite*. Journal of Management (23(3), 239-290). https://doi.org/10.1177/014920639702300303

Cros,F. et Adamczewski, G. (1998). *L'innovation en éducation et en formation*. Revue française de pédagogie (123, p. 169-170). *Repéré à* https://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_1998_num_123_1_3015_t1_0169_0000_2

Cros, F. (2007). Introduction. Dans : Françoise Cros éd., *L'agir innovationnel: entre créativité et formation* (p.7-14).Belgique: De Boeck Supérieur. doi:10.3917/dbu.cros.2007.01.0007.

Dalley K., Candela L., Benzel-Lindly J. (2008). *Learning to let go : the challenge of de-crowding the curriculum*. Nurse Education Today (28, p. 62-69). DOI: 10.1016/j.nedt.2007.02.006.

De Souza, G. & Klein, H. (1995). *Emergent leadership in the group goal-setting process.* Small Group Research (26, p.475-495). Repéré à https://doi.org/10.1177/1046496495264002

Diekelmann N, Ironside PM. (2002). *Developing a science of nursing education: innovation with research*. Journal of Nursing Education (41(9), p.379-380). Repéré à https://www.healio.com/nursing/journals/jne/2002-9-41-9/%7Ba1a1df88-ac8c-41e0-a80a-fad4741f276e%7D/developing-a-science-of-nursing-education-innovation-with-research

Fernez-W., Romon, F. (2006). *Management de l'innovation. De la stratégie aux projets*. (1e éd., vol.1). Paris : Vuibert.

Foucambert, J. (1976). *Apprentissage et enseignement*. Communication et langages (32, p.7-17). Doi : 10.3406/colan.1976.4338

Gannaway, D., Hinton, T., Berry, B. & Moore, K. (2013). *Cultivating change: disseminating innovation in higher education teaching and learning*. Innovations in Education and

Teaching International, 50(4), 410-421. https://doi.org/10.1080/14703297.2013.839334

Gather Thurler, M. (2000). *Innover au cœur de l'établissement scolaire* (137, p.164-167). Paris : ESF Éditeur.

Gibbs, C.A. (1954). *Leadership.* Dans G. Lindzey (dir.), Handbook of social psychology, (2e éd., vol.4, p.877-917). Reading, MA: Addison-Wesley.

Hackman, J.R. (1987). *The design of work teams*. In J.W. Lorsch (dir.), Handbook of Organizational Behavior (30 : 315-342). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Hall, W.A. (2009). *Whither nursing education? Possibilities, panaceas, and problems*. Nurse Education Today, 29(3), 268-75. doi: 10.1016/j.nedt.2008.09.005.

Jeans,ME. (2008,7 janvier). *La recherche en sciences infirmières au Canada: un rapport de situation*. Repéré à https://www.fcass-cfhi.ca/Migrated/PDF/NursingResCapFinalReport_FR_Finalb.pdf

Kaufman, M.D. (2002). *L'éducation centrée sur l'enseignant ou centrée sur l' apprenant :une fausse dichotomie*. Pédagogie Médicale, *3, 145-7.* Repéré à https://www.pedagogie-medicale.org/articles/pmed/pdf/2002/03/pmed20023p145.pdf

Kala S, Isaramalai SA, Pohthong A. (2010) *Electronic learning and constructivism: a model for nursing education*. Nurse Education Today (30(1), 61-66). Doi: 10.1016/j.nedt.2009.06.002

Levine, J.M. & Moreland R.L. (1990). *Progress in small group research*. Annual Review of Psychology (41, p.585–634). https://doi.org/10.1146/annurev.ps.41.020190.003101

Lison, C. (2011). *Programmes innovants en formation des enseignants du secondaire : perceptions, conceptions et pratiques* (Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/5822

Loilier, T. & Tellier, A. (1999). *Gestion de l'innovation. Décider – Mettre en œuvre – Diffuser* (2e éd., vol3). Caen : Éditions Management Société.

Louvel, S. (2013). *Understanding change in higher education as bricolage : how academics engage in curriculum change*. Higher Education (66, p.669-691).Repéré à https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00969472/document

Mazarrasa, A.L. (2013). *Approche par compétences et son application aux programmes de formation des professions infirmières et techniques de santé*. Document inédit.

McGrath, J.E. (1984). *Groups: interaction and performance*. Groups and Human Behavior. (p.11-165). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Ntebutse, J.G. (2009). *Étude phénoménologique de la dynamique du changement chez des professeurs d'université en contexte d'innovations pédagogiques visant la professionnalisation des étudiants* (Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec). Repéré à https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/5285

Romain,G.(2016).*Culture et innovations*. Repéré à https://www.rhinfo.com/thematiques/strategie-rh/culture-et-innovations

Robbins, S., Judge, T. & Gabilliet, P. (2006). *Comportements organisationnels*. (12e éd., vol. 2). Paris: Pearson Education.

Stewart, G.L. & Barrick, M.R. (2000). *Team structure and performance: assessing the mediating role of intrateam process and the moderating role of task type*. Academy of Management Journal (42(2), p.135-148). http://dx.doi.org/10.2307/1556372

Sundstrom, E., De Meuse, K.P. & Futrell, D. (1990). *Work teams: applications and effectiveness*. American Psychologist (45(2), p.120-133).http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.45.2.120

Williams, H.M., Parker, S.K. & Turner, N. (2010). *Proactively performing teams: the role of work design, transformational leadership, and team composition*. Journal of Occupational and Organizational Psychology (83, p.301-324). https://doi.org/10.1348/096317910X502494