



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE  
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

La place de la démarche d'investigation dans le Baccalauréat International.

Le rôle du dispositif d'évaluation « Exploration en mathématiques ».

Canevas de thèse de doctorat en didactique des mathématiques en Sciences de l'éducation

Proposé par Jana LACKOVA

Novembre 2017

Commission de thèse :

Directeurs : Jean-Luc Dorier, FPSE, Université de Genève

Sylvie Coppé, FPSE, Université de Genève

Membres : Abdeljalil Akkari, FPSE, Université de Genève

Marianna Bosch, IQS, Universita Ramon Llull, Barcelona

*J'approuve le projet par rapport aux aspects éthiques.*

Nombre de caractères : 49559

## TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction .....	3
2	Le contexte institutionnel .....	4
3	Etat de la question .....	5
3.1	La démarche d'investigation .....	5
3.2	La DI en mathématiques .....	6
4	Cadre théorique .....	7
4.1	Analyse institutionnelle .....	7
4.2	L'enseignant .....	8
4.3	Le schéma herbartien comme model pour la DI.....	10
4.4	Les conditions relatives à l'organisation du milieu .....	10
4.5	Outils d'analyse des activités .....	11
5	Problématique et questions de recherche .....	12
5.1	Des conditions pour que la DI puisse vivre .....	12
5.2	Questions de recherche .....	13
6	Méthodologie .....	14
6.1	Le travail d'enquête .....	14
6.2	Le travail clinique .....	14
6.3	Calendrier de la recherche .....	15
7	Références bibliographiques .....	16

# 1 INTRODUCTION

L'origine de ce projet de thèse se trouve dans mon expérience professionnelle dans le contexte du Baccalauréat International<sup>1</sup> (IB), où, comme beaucoup d'autres enseignants et élèves, j'ai été confrontée pour la première fois avec l'enseignement basé sur la démarche d'investigation (DI) (Chichekian & Shore, 2014, p. 77).

Depuis quelques années, plusieurs projets (Fibonacci, PRIMAS, S-Team) et groupes de travail affirment dans leurs rapports qu'il est nécessaire de « repenser l'enseignement scientifique en s'appuyant sur l'investigation » (Coquidé, Fortin, & Rumelhard, 2009, p. 51). Matheron (2010) relève deux points marquant l'enseignement des mathématiques actuellement : « une crise se manifestant par une perte de la visibilité sociale de son sens » et « une volonté institutionnelle d'un enseignement qui engage dans une authentique activité scientifique » (p. 14). De ce fait la DI et la résolution de problème ont suscité une volonté politique forte en réponse à la baisse d'intérêt des jeunes pour les filières scientifiques comme le suggère le rapport Rocard (2007).

Néanmoins, l'enseignement traditionnel semble prévaloir sur la résolution de problèmes et la DI a du mal à trouver sa place dans les classes (Dorier & Maass, 2014; Maaß & Artigue, 2013). Ainsi Tabulawa (2013) tente d'expliquer l'échec de la réforme scolaire en Afrique subsaharienne en s'appuyant sur la théorie de Hoyle (1969) basée sur le phénomène du *rejet de tissu*, une métaphore empruntée du monde médical. En l'appliquant dans l'éducation, on est amené à dire que l'innovation visée est rejetée par l'environnement de l'hôte – l'école, « parce qu'elle est incompatible avec les valeurs ou l'expérience passée de celle-ci<sup>2</sup> » (Tabulawa, 2013, p. 15). Hoyle (1969) remarque que les innovations s'étaient généralement sur un *code* qui véhicule souvent un changement trop radical par rapport aux habitudes du système scolaire concerné. Cependant, s'il existait une certaine ouverture chez l'hôte, la confrontation serait moins radicale et le nouveau *code* semblerait s'installer plus facilement. Face à toutes les difficultés et les nombreuses résistances, il convient donc de se demander si l'enseignement basée sur la DI entre dans la catégorie de belles utopies, se limite à rester l'affaire de quelques individus qui en sont convaincus ou bien si ce type d'enseignement peut trouver une place stable dans des classes. Je me propose d'examiner cette question à la lumière du cas de l'IB.

En effet, le contexte de l'IB met en avant le développement de certaines compétences comme la réflexion critique ou les compétences de recherche à travers un enseignement qui reflète des principes pédagogiques basés sur la DI (International Baccalaureate (IB), 2015). De plus, l'IB est une de rares institutions, qui a mis en place un dispositif d'évaluation certificative de la DI en mathématiques, obligatoire pour tous les élèves, dans le cadre du diplôme de fin d'études secondaires, il me paraît donc intéressant d'étudier comment de nouvelles pratiques pédagogiques peuvent vivre dans les classes et comment elles peuvent influencer les autres dispositifs d'enseignement.

L'objectif général de cette thèse est d'identifier et d'analyser les conditions et les contraintes de la mise en application et de la viabilité de la DI en classe de mathématiques dans le cadre de l'IB, et en particulier le rôle et l'influence du dispositif d'évaluation dans l'intégration de la DI dans les classes de mathématiques.

---

<sup>1</sup> <http://www.ibo.org/fr/>

<sup>2</sup> Ma traduction

Après une brève description de l'institution IB, je passe en revue les travaux de recherche s'intéressant à la DI afin d'inscrire mon travail dans la continuité des recherches existantes. Je décris ensuite le cadre théorique de mon travail et je détaille les hypothèses et les questions de recherche qui émergent de la problématique, ainsi que la méthodologie choisie pour réaliser ce travail.

## 2 LE CONTEXTE INSTITUTIONNEL

Que ce soit en Suisse avec le travail de maturité, en France avec les Travaux Personnels Encadrés (TPE)<sup>3</sup> ou le *specialized study project* du programme STX des gymnases du Danemark, il existe, dans plusieurs pays, des dispositifs qui consistent à faire effectuer aux élèves en autonomie sous la direction de l'enseignant, un travail obligatoire et évalué dans le cadre du diplôme de fin d'études secondaires, généralement interdisciplinaire qui vise à introduire aux méthodes scientifiques. Cependant dans les trois cas signalés, les disciplines sont choisies par les élèves et de ce fait, il n'y a pas d'obligation que ce travail soit effectué en mathématiques, contrairement au cas de l'IB, que je vais à présent examiner pour en dégager des éléments qui le distinguent des autres systèmes scolaires mentionnés ci-dessus.

L'IB est une fondation éducative à but non lucratif établie à Genève en 1968 pour répondre aux besoins des écoles internationales et de la communauté internationale. L'IB propose quatre programmes éducatifs pour les élèves âgés de 3 à 19 ans couvrant ainsi tous les degrés de scolarité.

Mon travail s'intéresse au Programme du Diplôme destiné aux élèves de 16 à 19 ans. Dans le cadre du tronc commun les élèves suivent un cours de la Théorie de la connaissance, qui les dote d'outils épistémologiques et les amène à réfléchir sur les origines et sur la fiabilité des différentes sources de connaissance. La question centrale de ce cours, comme le stipule le programme d'études<sup>4</sup>, est *d'examiner comment nous connaissons ce que nous affirmons connaître*. Afin d'encourager le travail personnel et indépendant et de développer des compétences de recherche, les élèves doivent élaborer un Mémoire<sup>5</sup> sur un sujet de leur choix. Le plan d'études vise à assurer une distribution équitable entre les disciplines scientifiques et les lettres et à ainsi éviter selon Peterson<sup>6</sup> (2003, p. 42) une spécialisation prématurée. Les élèves doivent étudier 3 (maximum 4) matières au niveau supérieur (NS) ce qui permet selon leurs capacités et leurs centres d'intérêts d'atteindre la profondeur requise pour poursuivre des études supérieures dans les branches choisies, les autres matières étant étudiées au niveau moyen (NM).

L'esprit général de l'enseignement tel que proposé par l'IB s'inspire des approches constructivistes de l'apprentissage (IB, 2015, p. 1). Ainsi, dès sa création des doutes ont été émis sur l'efficacité de l'enseignement encyclopédique.

Dans chaque discipline la masse des connaissances est telle qu'un enseignement encyclopédique est non seulement archaïque mais inopérant. **Apprendre à apprendre**, telle est désormais la première fonction de l'école. (Organisation du Baccalauréat International (OBI), 1973, p. 24).

---

<sup>3</sup> <http://eduscol.education.fr/cid47789/definition-et-themes-nationaux-des-tpe.html#lien1>

<sup>4</sup> <http://www.ibo.org/fr/programmes/diploma-programme/curriculum/>

<sup>5</sup> En anglais : Extended Essay

<sup>6</sup> Directeur du Département de Science de l'éducation de l'Université d'Oxford et 1<sup>er</sup> directeur général de l'IB

Peterson (2003) montre qu'il n'était si évident de créer un curriculum et un système d'examens qui respectent ces principes, en particulier au regard de l'évaluation car « c'est la vieille histoire de la *tête bien faite*, que nous louons sans vraiment chercher à la produire, et la *tête bien pleine* que nous déplorons mais en faisons l'objet de nos examens<sup>7</sup> » (Capelle in Peterson, 2003, p. 43).

Institutionnellement, l'IB (2015) met en avant le développement de certaines compétences comme la réflexion critique ou les compétences de recherche à travers un enseignement qui reflète des principes pédagogiques basés sur la DI, la recherche ou l'enquête<sup>8</sup> et axé sur la compréhension conceptuelle. Parmi les attributs décrivant le profil des apprenants de l'IB c'est celui des investigateurs ou chercheurs<sup>9</sup> qui figure en première position en se caractérisant par l'effort de développer la curiosité et d'acquérir des capacités d'investigation et de recherche (International Baccalaureate Organization (IBO), 2013).

Ce contexte institutionnel est donc propice pour questionner la place de la DI dans le cadre des cours de mathématiques et tester sa viabilité dans un environnement favorable. Le programme d'études<sup>10</sup> propose quatre niveaux différents de cours afin « de tenir compte des différents besoins, centres d'intérêt et aptitudes des élèves, de suivre un choix de carrière et de remplir les conditions d'admission à l'université ». Néanmoins, la résolution de problèmes, l'approche par investigation et l'élaboration individuelle d'un projet ou d'une exploration figurent parmi les objectifs de l'évaluation en mathématiques (IBO, 2012). Ce travail fait partie de l'évaluation interne (20% de la note finale) et « doit, autant que possible, être une partie intrinsèque de l'enseignement en classe et ne doit pas être une activité séparée menée à la fin du programme d'études » (IBO, 2012, p. 49). C'est justement le rôle et l'influence de cette évaluation interne dans l'intégration de la DI dans les pratiques des enseignants pendant le cours de mathématiques que je me propose d'analyser dans ce travail, en identifiant les conditions et les contraintes de sa mise en application et sa viabilité en classe.

### 3 ETAT DE LA QUESTION

#### 3.1 LA DEMARCHE D'INVESTIGATION

L'idée de rendre l'élève actif ou de le mettre en situation de recherche n'est pas nouvelle, elle remonte déjà au 17<sup>e</sup> siècle avec les écrits de Comenius (1592–1670) ou de Rousseau (1712–1778) comme le soulignent Maaß et Artigue (2013, p. 781). Cependant, l'émergence de cette pédagogie est généralement attribuée au philosophe et éducateur américain John Dewey (1859–1952). Dewey (1938, pp. 104–105) définit l'enquête comme transformation contrôlée ou dirigée d'une situation indéterminée en une situation déterminée dans l'idée de convertir les éléments de la situation originale en un ensemble unifié. Cette *situation indéterminée* est pour Dewey le point de départ de l'enquête. C'est la situation même qui doit questionner, susciter la curiosité, elle peut même être conflictuelle ou ambiguë. Le premier pas indispensable dans l'enquête mènera selon Dewey (1938, p. 108) à la problématisation de la situation, qui sans cela risquerait de perdre de sa pertinence. L'étape suivante de la détermination du problème et de la recherche d'une solution est l'observation qui pourrait être source d'idées ou de suggestions et aboutir à une idée pertinente qui présenterait une possible solution. Il précise qu'il faut se méfier

---

<sup>7</sup> Ma traduction

<sup>8</sup> en anglais: inquiry

<sup>9</sup> en anglais : inquirers

<sup>10</sup> <http://ibo.org/fr/programmes/diploma-programme/curriculum/mathematics/>

de vouloir accepter des idées trop vite pour éviter des conclusions hâtives et non-fondées car la *solution soudaine* est généralement le résultat de beaucoup de recherches préalables. Schön (1992, p. 122) conclut que l'enquêteur est ainsi impliqué et s'approprie la situation au lieu d'être un simple spectateur externe.

Artigue et Blomhøj (2013, p. 799) dépeignent les conditions dans lesquelles l'enquête peut se développer dans les classes. Il faut que dans la situation initiale, il y ait une part d'inconnu qui constitue un défi. Cependant, cette part d'inconnu doit pouvoir être approchée par ce qui est déjà connu afin de pouvoir générer des idées ou des hypothèses, ce qui selon ces auteurs constitue un défi didactique majeur quant à l'intégration de l'enquête dans l'enseignement. Ces auteurs résument ces idées en disant que la DI consiste à mettre les élèves en situation de recherche afin de les faire expérimenter la manière dont les scientifiques travaillent.

La publication des *National Science Education Standards (NSES)* aux USA en 1996 constitue un pas important pour concrétiser et définir l'Inquiry Based Science Education (IBSE).

Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations and predictions; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations and scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. (NRC 1996, p. 23 in (Artigue & Blomhøj, 2013, p. 800))

Les activités basées sur la DI amènent les élèves à :

observe phenomena, ask questions, look for mathematical and scientific ways of how to answer these questions (like carrying out experiments, systematically controlling variables, drawing diagrams, calculating, looking for patterns and relationships, making conjectures and generalizations), interpret and evaluate their solutions and communicate and discuss their solutions effectively. (Dorier & Maass, 2014, p. 300)

La DI ou l'enquête « s'opposant à des démarches de présentation ou d'illustration » (Coquidé et al., 2009, p. 52) ont été introduites progressivement dans les programmes des sciences en Europe depuis des années 2000. C'est à la fois en réaction face à la baisse de l'intérêt des jeunes pour les disciplines scientifiques (Rocard et al., 2007, p. 2) et à l'échec de l'enseignement traditionnel (Artigue & Blomhøj, 2013, p. 800).

### **3.2 LA DI EN MATHÉMATIQUES**

La DI a d'abord émergé dans l'enseignement de sciences, voyons ce qu'il en est en mathématiques. Depuis les Eléments d'Euclide, on associe les mathématiques au raisonnement hypothético-déductif, mais on sait bien que les mathématiciens grecques ne trouvaient pas les propriétés de cette manière, il y a eu une reconstruction du fait du passage à l'écrit et de prééminence de la synthèse sur l'analyse. Le mathématicien Jean-Paul Allouche (2007, in Hersant et Orange-Ravachol, 2012, p. 1381) indique qu'il existe différents types d'expériences en mathématiques, qui fournissent « un vivier de conjectures » mais, dans les publications scientifiques, les mathématiciens transmettent de manière la plus linéaire et la plus exacte possible leurs résultats. Cependant, cela ne veut pas dire qu'ils n'aient pas fait des essais, pris des pistes sans issue ou qu'ils n'aient pas formulé des conjectures, dont certaines ont pu s'avérer fausses.

En mathématiques, la DI est généralement associée à la résolution de problèmes, car « dans de nombreux cas, l'approche expérimentale s'avère plus difficile » (Rocard et al., 2007, p. 10). Certes, les modalités d'expérimentation et de validation ne sont pas identiques en sciences et en mathématiques, cependant vouloir en faire une ligne de démarcation, voire les opposer, n'est pas satisfaisant comme l'expliquent Hersant et Orange-Ravachol (2012). A partir des exemples des démarches expérimentales (établir une approximation de la valeur de  $\pi$  ou la formule de l'aire du disque), Matheron (2010, p. 18-19) montre que l'expérimentation trouve sa place dans la démarche d'investigation en mathématiques. Perrin (2007) va encore plus loin, pour lui « les mathématiques sont aussi une science expérimentale et une science d'observation » (p.10). La méthode d'investigation systématique qu'il propose « comprend plusieurs étapes, à répéter éventuellement : expérience, observation de l'expérience, formulation des conjectures, tentative de preuve, contre-expérience (production éventuelle de contre-exemple), formulation de nouvelles conjectures, nouvelle tentative de preuve, etc. » (Perrin, 2007, p. 10). Puisque « pour Dewey, tout savoir résulte d'une enquête » (Fabre, 2005, p. 58), il n'y a donc pas de raison épistémologique qui empêcherait le développement et la mise en œuvre de la DI dans l'enseignement des mathématiques.

Il existe dans la recherche en didactique des mathématiques une terminologie assez variée pour désigner des objets plus ou moins proches de la DI : le problème ouvert et situation-problème (Arsac, Germain, & Mante, 1991), les situations a-didactiques (Brousseau, 1998), la situation-recherche (Duchet & Mainguené, 2003) ou bien les activités d'étude et de recherche (AER) et les parcours d'études et de recherche (PER) (Chevallard, 2009). Georget (2009) les rassemble sous le terme générique d'activité de recherche et de preuve entre pairs (RPP) et introduit cinq potentiels<sup>11</sup> afin de mieux les caractériser.

## 4 CADRE THÉORIQUE

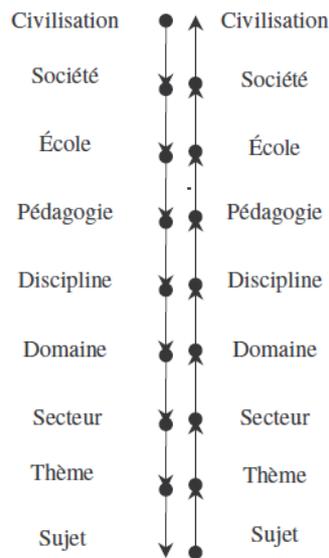
### 4.1 ANALYSE INSTITUTIONNELLE

Pour étudier la place de la DI dans les classes de mathématiques de l'IB, une analyse institutionnelle préalable est nécessaire. Selon Bosch et Gascon (2002) « il n'est pas possible d'interpréter de façon adéquate les phénomènes didactiques sans prendre en compte la relativité institutionnelle de l'activité mathématique » (p. 28). Les outils de la théorie anthropologique du didactique (TAD) de Chevallard permettent de poser un regard *macro-didactique* sur l'institution à partir de l'étude des textes officiels en utilisant *l'échelle des niveaux de co-détermination didactique (ECD)* (Chevallard, 2005) qui s'élèvent bien au-delà de la zone d'agir de l'enseignant. Pour considérer la viabilité de la DI dans une classe, il est indispensable de regarder ce qui se passe dans les échelons supérieurs de l'ECD, car « ce qu'on peut faire à tel échelon [...] dépend des contraintes imposées et des conditions créées par les échelons supérieurs » (Chevallard, 2005, p. 241).

[...] Chaque niveau de cette échelle est le lieu d'origine de certaines conditions qui apparaissent souvent comme des contraintes aux autres niveaux. Ainsi existe-t-il des conditions de civilisation, qui prévalent donc dans tout un ensemble de sociétés et que, en u temps donné, d'aucuns peuvent certes analyser, voire contester, mais non modifier. La double flèche ( $\updownarrow$ ) doit être lue dans cette perspective : la création (ou la modification) d'une condition en un niveau donné – par exemple au niveau scolaire – peut changer la donne aux niveaux inférieurs – ici par exemple au niveau pédagogique – mais aussi aux niveaux supérieurs – au niveau « sociétal » et même au niveau « civilisationnel ». (Chevallard, 2011a, p. 88)

---

<sup>11</sup> Il s'agit des potentiels de recherche, de débat, de résistance et de résistance dynamique et didactique.



**Figure 1 : L'échelle des niveaux de co-détermination didactique**

Dans le cadre du projet européen PRIMAS<sup>12</sup>, Dorier et García (2013) ont utilisé l'ECM pour établir une catégorisation des conditions et des contraintes concernant l'intégration de l'enseignement basé sur la DI. Pour analyser le contexte dans les 12 pays partenaires, ils ont considéré les 4 niveaux de *société*, *école*, *pédagogie* et *discipline*, qu'ils définissent ainsi :

1. Levels of society: Specific role of mathematics and sciences in society, tradition or recent changes in education relevant regarding IBMSE.
2. Level of school (global organization): Differentiation between primary, lower and upper secondary education, Pre-service and in-service teachers' training structures, etc.
3. Level of pedagogy: Law of education, general statement on pedagogy, tradition in education (transmissive or constructivist tradition, place of the learner...), type and role of national assessments, etc.
4. Level of discipline: Links between mathematics and sciences in the curricula, integrated science or separate subjects, etc., place of mathematics and sciences in the curricula (number of hours), competence of teachers in mathematics and sciences (profile of teachers), type of curricula in mathematics and sciences (signs of IBMSE?), type of resources for teachers in mathematics and sciences (textbooks, web, etc.). Are mathematics and science teachers using IBMSE? Why? If it is a requisite in the curriculum, even in the textbooks, why not? (Dorier & García, 2013, pp. 839-840)

Dans mon travail, je vais utiliser une grille similaire, pour comprendre comment la philosophie éducative de l'IB a été façonnée. En effet, il faut remonter l'ECD jusqu'au niveau *société* pour y identifier les conditions et analyser si et comment elles imposent des contraintes aux niveaux inférieurs de l'ECD. En s'appuyant sur cette échelle on peut supposer alors que ce que l'on identifie au niveau de *société* se reflètera sur la manière d'enseigner et sera identifiable en descendant les échelons inférieurs jusqu'au *sujet*. Il sera alors intéressant d'étudier comment les éléments de la philosophie éducative liés à la DI identifiés sur les échelons supérieurs se manifestent dans des pratiques ordinaires des enseignants de mathématiques.

## 4.2 L'ENSEIGNANT

Dans la modélisation de la TAD, l'enseignant est considéré comme sujet de l'institution et selon Ravel (2003) : « modéliser l'enseignant comme sujet d'une institution permet d'identifier un système de contraintes qui pèsent sur lui du fait de son assujettissement à une institution

<sup>12</sup> Le projet de recherche PRIMAS (2010-2013), a été financé par l'Union Européenne, 7ème Programme Cadre.

donnée » (p. 1099). Selon Chevallard (2009) l'enseignant entre en scène au niveau de *l'école* de l'ECD, au sein d'un *système didactique S*, composé des *œuvres* que les *élèves X* doivent étudier avec l'aide de *l'enseignant Y*. L'échelon *pédagogie* détermine alors la forme d'aide que l'enseignant apporte aux élèves pour étudier telle ou telle œuvre. Cependant sa marge de manœuvre est limitée et influencée par les conditions et contraintes imposées par les échelons supérieurs. Dans le cas de l'IB, l'institution attend que l'enseignant reflète dans ses pratiques les principes éducatifs basés sur la DI.

L'enseignant étant alors l'acteur principal par lequel l'institution agit, il convient de se demander comment décrire et analyser ses pratiques concernant l'intégration de la DI dans les classes de mathématiques. La TAD permet de définir selon une organisation praxéologique l'activité de l'enseignant qui :

comme toute activité humaine consiste à *accomplir une tâche t* d'un certain *type T*, au moyen d'une certaine *technique τ*, justifiée par une *technologie θ* qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui à son tour est *justifiable* par une *théorie Θ*. (Chevallard, 2002, p. 3)

Le quadruplet  $[T/\tau/\theta/\Theta]$ , désigne une praxéologie constituée de deux blocs : pratico-technique  $[T/\tau]$  qui correspond à un *savoir-faire* et technologico-théorique  $[\theta/\Theta]$  qui renvoie à un discours raisonné ce qu'on désigne par un *savoir*.

Ainsi, le type de tâches T auquel l'enseignant est confronté dans son travail est : *enseigner un thème mathématique donné*. En d'autres termes, l'enseignant est amené à répondre à deux questions : « Qu'est-ce que j'enseigne ? », ce qui détermine son *organisation mathématique (OM)* (Chevallard (2002, p. 5) et « Comment je l'enseigne ? » ce qui lui permettra d'organiser et mettre en place les tâches mathématiques de son OM et de construire une *organisation didactique (OD)*. « Pour résumer, analyser les pratiques enseignantes en termes de praxéologies revient à analyser l'OM reconstruite par le professeur ainsi que l'OD mise en œuvre pour permettre l'étude de cette OM » (Ravel, 2003, p. 110). Chevallard (2002) s'appuie sur l'observation que « quel que soit le cheminement concret de l'étude, certains types de situations sont presque nécessairement présents au cours de l'étude » (p. 13). Ces situations que Chevallard appelle *moments d'étude* ou *moments didactiques* sont :

Groupe I : Activité d'étude et de recherche (AER)

1. Moment de la (première) rencontre avec T (type de tâches)
2. Moment de *l'exploration* de T et du travail de la technique  $\tau$
3. Moment de la constitution d'un environnement technologico-théorique  $[\theta/\Theta]$

Groupe II : Synthèse

4. Moment de l'institutionnalisation

Groupe III : Exercices & problèmes

5. Moment de travail de l'organisation mathématique (en particulier de la technique)

Groupe IV : Contrôles

6. Moment de l'évaluation

(Chevallard, 2002, p. 14)

Dans ce modèle, je m'attends à trouver les activités basées sur la DI dans le Groupe I (comme moyen d'enseignement pour introduire une nouvelle notion) ou dans le Groupe III (comme objet d'enseignement lié à la résolution de problèmes).

### 4.3 LE SCHEMA HERBARTIEN COMME MODEL POUR LA DI

Chevallard (2005) rappelle que le paradigme de l'étude scolaire dominant est celui *de la visite des œuvres* où le rôle du professeur consiste à *faire visiter* les œuvres mathématiques désignées à être enseignées aux élèves. Ces pratiques conduisent progressivement à ce que Chevallard appelle la *monumentalisation* de l'enseignement des mathématiques, c'est à dire que l'on étudie les objets mathématiques dénués de sens et des raisons d'être.

L'apparition des TPE dans les lycées français a conduit à l'émergence de la notion de PER et le développement du *paradigme du questionnement du monde* (Chevallard, 2009). Dans ce paradigme, un système didactique se constitue dans le but *d'enquêter* sur la question Q afin d'y apporter une réponse. Cette réponse  $R^\heartsuit$  de la classe se construit en interaction avec un milieu M qui est constitué des réponses *toutes faites* et validées par l'institution  $R^\diamond$  et des ressources O qui sont des outils d'analyse permettant de valider ou de rejeter les réponses partielles. Cela est représenté par le *schéma herbartien* ci-dessous :

$$[S(X; Y; Q) \rightarrow \{ R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m \}] \rightsquigarrow R^\heartsuit.$$

Selon Chevallard (2008) le processus de validation se réalise grâce à la dialectique des médias et des milieux car :

[...] l'existence d'une dialectique vigoureuse (et rigoureuse) entre médias et milieux est une condition cruciale pour qu'un processus d'étude et de recherche ne se réduise pas au recopiage acritique d'éléments de réponse épars dans les institutions de la société. » (p. 345)

Le fait qu'une enquête puisse se déployer dépendra alors de la présence de ces « ingrédients » dans le milieu et de l'existence d'une dialectique entre médias et milieux. Selon le type d'ingrédients qui figureront dans le schéma herbartien (Bosch & Winsløw, 2016) je pourrai identifier le type de l'enseignement observé et le situer entre deux extrémités : le paradigme de la visite des œuvres et le paradigme du questionnement du monde.

### 4.4 LES CONDITIONS RELATIVES À L'ORGANISATION DU MILIEU

Pour analyser l'OD que l'enseignant met en place, il est nécessaire, selon Wozniak (2015, p. 158), de regarder comment est organisé le milieu, notamment comment sont réalisées les conditions relatives à la *topogenèse*, la *mésogenèse* et la *chronogenèse*.

La *topogenèse* est le procédé qui détermine la place et le rôle de l'enseignant et des élèves en classe. Or, dans la pédagogie basée sur la DI, le *topos* de l'élève s'agrandit et le rôle de l'enseignant est amené à évoluer. Chevallard (2011, pp. 15-16) définit le nouveau rôle de l'enseignant comme celui de *directeur d'étude* qui est invité à renoncer à certains gestes liés au paradigme de la visite des œuvres. L'enseignant ne doit pas se comporter comme un *distributeur de connaissances*, qui apporte des réponses toutes faites, mais plutôt doit « aider les élèves à rechercher des moyens de validation variés ».

La *mésogenèse* est le processus par lequel le *milieu* d'une situation se crée, se développe et s'enrichit. Dans l'enseignement traditionnel, l'enseignant choisit les médias, contrôle et nourrit le milieu alors que selon Wozniak (2015, p. 159) dans une approche basée sur la DI c'est l'élève

qui est en charge de construire le milieu (avec l'aide de l'enseignant) en mobilisant une diversité de *praxéologies didactiques* (recherche documentaire, expérimentation, observation, validation des conjectures, travail en groupe, etc.).

La *chronogenèse* se réfère à la création du temps didactique pendant lequel le savoir est diffusé et acquis. Cette condition semble se heurter aux programmes de l'enseignement trop chargés, or pour que la DI puisse se déployer, il faut du temps. Actuellement sur les 150 heures de cours l'IB suggère 10 heures de travail en classe et 10h de travail personnel pour accomplir le travail de l'exploration. Wozniak (2015, p. 160) a repéré certaines praxéologies didactiques qui permettent de faire avancer l'enquête dans un temps suffisant et raisonnable sans réduire le *topos* de l'élève:

- Effectuer des choix judicieux de productions d'élève pour orienter la recherche.
- Utiliser le temps hors classe pour effectuer la recherche documentaire.
- Recourir à la maïeutique pour suggérer certaines pistes de réflexion.

Elle (2015, p. 161) conclut alors que la mise en œuvre de la DI est étroitement liée aux conditions sur le milieu, évoquées ci-dessus et dépend de la présence d'une dialectique des médias et des milieux.

#### **4.5 OUTILS D'ANALYSE DES ACTIVITÉS**

Pour analyser le niveau d'intégration de la DI dans l'enseignement de mathématiques, il faut pouvoir identifier *a priori* les activités proposées aux élèves. Comme mentionné plus haut, Georget (2009, pp. 78-81) caractérise la variété de ces activités en définissant cinq potentiels. Le *potentiel de recherche* permet de distinguer entre une simple application de techniques connues des élèves et un problème nouveau qui peut être abordé de plusieurs manières. La capacité du problème à susciter la curiosité et l'intérêt des élèves est prise en compte par ce potentiel. Ensuite, il y a le *potentiel de résistance* qui détermine la capacité de l'activité à résister aux tentatives de résolution. Cependant, si l'on veut que l'activité garde son potentiel de recherche, il faut que la résistance puisse varier au cours de la résolution – d'où l'idée du concept de *potentiel de résistance dynamique*. Cela permet de discriminer les activités à astuce qui peuvent avoir une grande résistance mais très peu de marge de progression. Le *potentiel de résistance dynamique* au contraire permet de nourrir et faire évoluer le *milieu* qui fournira les rétroactions pour orienter la recherche. Afin de favoriser les échanges et les débats de nature mathématique qui sont fondamentaux dans la recherche, Georget définit ainsi le *potentiel de débat* d'une activité. Le dernier de ces potentiels est le *potentiel didactique*, pour mesurer ce que les élèves sont susceptibles d'apprendre en termes de notions mathématiques, paramathématiques ou protomathématiques. Ces potentiels « sont susceptibles de nous aider à mieux distinguer, dans une analyse *a priori* ou dans une analyse *a posteriori*, ce qui dépend du problème, des élèves, de l'enseignant et de son espace de liberté » (p. 81).

Cependant, le niveau d'intégration de la DI ne dépend pas seulement de l'activité proposée mais aussi de la manière dont ses potentiels sont exploités ou non. Pour cela, une analyse *a posteriori* à l'aide d'une grille amènera à déterminer comment sont réalisées les conditions relatives à la *topogenèse*, la *mésogenèse* et la *chronogenèse*, notamment en repérant l'existence des dialectiques suivantes : enseignant – élèves, médias – milieux et questions – réponses. Cela permettra d'affiner et de compléter l'interprétation des potentiels, d'estimer ainsi le niveau

d'intégration de la DI dans les classes et d'expliquer pourquoi certains potentiels identifiés *a priori* n'ont pas été exploités.

## **5 PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE**

L'IB déclare dans les textes officiels qu'un des principes pédagogiques qui sous-tendent tous les programmes de l'IB est celui de l'enseignement basé sur la DI (IBO, 2015, p. 15). Cependant, plusieurs recherches montrent que *le bachotage* augmente avec l'approche des examens et que cela pourrait constituer une barrière qui empêcherait de maintenir l'enseignement basé sur la DI dans l'IB (Chichekian & Shore, 2014, p. 85).

La difficulté principale de l'intégration des pédagogies actives dont la DI consiste selon Chevallard (2009) en l'absence de l'infrastructure didactico-mathématique adéquate qui met en évidence les raisons d'être des notions mathématiques.

Ayant identifié l'IB comme contexte institutionnel qui préconise l'enseignement basé sur la DI, il est alors légitime de se demander si et dans quelle mesure la DI peut vivre dans les classes de mathématiques compte-tenu des conditions et contraintes institutionnelles qui pèsent sur les enseignants et sur le système dans son ensemble.

### **5.1 DES CONDITIONS POUR QUE LA DI PUISSE VIVRE**

Mes premières analyses mettent en évidence un certain nombre de conditions qui favorisent le processus de l'intégration de la DI au niveau de l'institution IB, de l'enseignant et des élèves. En même temps, selon Chevallard (2011a, p. 88), comme mentionné plus haut, les conditions créées sur un niveau apparaissent souvent comme des contraintes pour les autres niveaux et pourraient alors expliquer les difficultés que la DI rencontre dans les classes.

Au niveau de l'institution, les conditions suivantes semblent être nécessaires pour que la DI puisse trouver sa place dans des classes de mathématiques :

- L'institution intègre la DI dans des programmes d'études et encourage la pédagogie basée sur la DI.
- L'institution met en place un dispositif d'évaluation propice à la DI.
- L'institution assure la formation continue des enseignants liée à la DI.

Cependant l'institution doit intégrer et gérer certaines contraintes liées au changement de paradigme scolaire. Parmi celles-ci, la plus importante est celle de la validité du diplôme dont dépend l'acceptation par les universités. Cette contrainte est reflétée principalement par le type de l'évaluation certificative, les examens écrits et standardisés étant la forme la plus répandue.

Les indicateurs qui dépendent de l'enseignant et dont il faut tenir compte dans l'intégration de la DI sont :

- Ses connaissances en mathématiques parce qu'elles pourront indiquer dans quelle mesure il sera capable de se lancer sur un terrain inconnu.
- Son expérience et sa conviction personnelle par rapport à la DI parce qu'elles modifient sa conception de l'enseignement des mathématiques.

L'enseignant lui aussi rencontre et doit gérer un certain nombre de contraintes :

- La contrainte de l'évaluation certificative de la DI car l'enseignant doit gérer 20 à 30 explorations différentes dans une classe.
- La pression des parents et de l'institution par rapport à la réussite aux examens.
- La gestion du temps.

Les conditions qui influencent la manière dont les élèves investissent le dispositif de l'exploration sont :

- L'expérience préalable avec un enseignement basé sur la DI.
- La disponibilité et l'accès aux médias.

Les élèves sont théoriquement libres dans leurs choix du sujet, cependant les connaissances en mathématiques de leur enseignant ou sa capacité de quitter ses zones de confort peuvent agir comme une contrainte forte sur ce libre choix.

Afin de maximiser le potentiel de trouver la DI dans les classes de mathématiques il faut que les conditions identifiées ci-dessus soient vérifiées au niveau de l'institution, chez l'enseignant et chez les élèves.

## 5.2 QUESTIONS DE RECHERCHE

L'identification des conditions et contraintes ainsi que le recours au cadre théorique de la TAD me permettent de formuler les deux questions de recherche suivantes.

Question 1 : Dans quelle mesure le dispositif « Exploration en mathématiques » représente une véritable DI en mathématiques dans le contexte de l'IB ?

Cette première question génère les sous-questions suivantes :

- Quelles praxéologies sont utilisées par l'enseignant pour permettre la mise en œuvre de ce dispositif ?
- Quel parcours d'étude et de recherche a été effectué par les élèves ?
- Quels sujets sont choisis par les élèves ?
- Comment les élèves participent-ils à la création de la question et à sa problématisation ?

Question 2 : Comment le dispositif « Exploration en mathématiques » favorise et contribue à l'intégration d'un enseignement basé sur la DI dans les cours ordinaires ?

Ce qui est précisé par les sous-questions :

- Existe-t-il une infrastructure didactico-mathématique qui permet de maintenir l'enseignement basé sur la DI ?
- Quelles activités choisies par l'enseignant contribuent au développement des *inquiry habits of mind* ?
- À quel moment de l'étude sont proposées les activités basées sur la DI ? Avec quelles OM ?
- Tenant compte de la topogenèse, mésogenèse et chronogenèse, quel *topos* est proposé aux élèves ? Comment est constitué le milieu ? Quels médias sont à disposition des élèves ? Quelles praxéologies permettent de réduire le temps de l'horloge ?

## 6 MÉTHODOLOGIE

Le travail de recherche sera mené en deux étapes : tout d'abord un travail d'enquête pour poser un regard global sur les conditions et contraintes liées à l'intégration de la DI dans les classes de mathématiques dans le contexte de l'IB et ensuite un travail clinique sous forme d'une étude de cas d'un ou deux enseignants de mathématiques soigneusement sélectionnés au Campus des Nations de l'Ecole Internationale de Genève.

### 6.1 LE TRAVAIL D'ENQUÊTE

Cette recherche commencera par une analyse approfondie du contexte institutionnel de l'IB à partir des textes officiels et par des entretiens avec des acteurs de la *noosphère*. En utilisant l'ECD, j'identifierai les éléments caractéristiques de la DI ainsi que des contraintes sur chaque niveau de l'ECD. De plus, je vais m'inspirer de l'analyse réalisée dans le cadre du projet européen PRIMAS au regard des facteurs pouvant favoriser ou au contraire gêner l'implémentation d'un enseignement basé sur la démarche d'investigation pour décrire le contexte de l'IB et la place qui y est attribuée à la DI. Cela permettra également de retracer les raisons d'être du dispositif particulier d'évaluation qu'est le travail « Exploration en mathématiques ».

Dans la deuxième partie de ce travail d'enquête, l'objectif est de recueillir à l'aide d'un questionnaire les informations concernant les enseignants de l'IB et déterminer s'il existe un *profil* d'enseignant de l'IB qui pourrait influencer la viabilité de la DI. Je suis consciente que les pratiques déclarées ne reflètent pas entièrement la réalité mais elles pourront être utiles à la fois pour identifier les conditions qui sont perçues comme des contraintes chez l'enseignant et ensuite mieux focaliser les observations dans des classes. Cette enquête sera poursuivie par un questionnaire à destination des élèves pour mettre en lumière comment ils vivent le dispositif d'évaluation. Ces questionnaires pourront être complétés par quelques entretiens.

### 6.2 LE TRAVAIL CLINIQUE

Je poursuivrai la recherche par un dispositif d'étude de cas dont l'objectif est de sélectionner un ou deux enseignants dont les pratiques déclarées et observées se rapprochent le plus de la DI et observer et analyser comment vit la DI dans leurs classes.

#### ○ *Terrain d'observation*

Les observations se dérouleront aux « Campus des Nations » de l'Ecole Internationale de Genève dans les classes de mathématiques du niveau moyen. Ce campus propose les programmes primaire et intermédiaire ainsi que le programme du diplôme auquel ce travail s'intéresse et est présente un bon potentiel d'y trouver la DI en acte. Le cours de niveau moyen est représentatif de la majorité des élèves de l'IB et correspond au niveau standard des mathématiques enseignées durant les études secondaires.

#### ○ *Recueil de données*

Pour chacun des deux enseignants les données suivants seront recueillies :

- Les observations des séances en classe avec enregistrement vidéo. Les deux classes seront observées pendant une année scolaire en raison d'une période par semaine.
- Les entretiens avec les enseignants avec enregistrements audio.

- Les travaux d'exploration écrits des élèves.
- Un questionnaire adressé aux élèves.

Dans chaque classe, un suivi détaillé des travaux de 2-3 élèves sera organisé afin de recueillir des informations sur la façon dont ce dispositif est investi et vécu par les élèves. Les données recueillies seront :

- Les traces écrites des élèves durant l'élaboration de l'exploration (feuilles de brouillon, *logbook*, etc.).
- Des entretiens avec les élèves avec enregistrement audio.
- Les observations du suivi de ces élèves par l'enseignant avec enregistrement audio.

Ce dispositif permet de recueillir trois types de données :

- Les séquences d'enseignement *pré-exploration*
- Les séquences d'enseignement liées directement à l'élaboration d'Exploration
- Les séquences d'enseignement *post-exploration*

○ *Analyse de données*

Pour analyser les activités basées sur la DI proposées par l'enseignant comme telles en amont de l'exploration, j'utiliserai les potentiels de Georget (2009) pour effectuer une analyse *a priori* pour vérifier si l'activité elle-même se prête à la DI. Ensuite j'analyserai *a posteriori* comment les conditions relatives à la *topogenèse*, la *mésogenèse* et la *chronogenèse* ont été réalisées en repérant l'existence des dialectiques enseignant – élève, médias – milieux, questions – réponses. Pour analyser comment ces activités s'inscrivent dans le projet d'enseignement, je les catégoriserai par rapport aux moments d'étude où elles apparaissent soit comme moyens soit comme objets d'enseignement. Ensuite j'identifierai les OM au sein desquelles ces activités prennent place et décrirai les pratiques des enseignants en termes de praxéologies dans le but de reconstituer l'infrastructure didactico-mathématique qui favorise l'intégration de l'enseignement basé sur la DI.

Les pratiques enseignantes liées directement à l'élaboration d'Exploration seront décrites et analysées en termes de praxéologies. En ce qui concerne les élèves, je modéliserai à l'aide du schéma Herbartien le processus de l'élaboration d'Exploration en repérant les types de ressources ( $R^\diamond$  et O) disponibles pour constituer le milieu M et j'analyserai comment le milieu M sera progressivement enrichi de nouvelles  $R^\diamond$  éprouvées et validées par la dialectique média – milieu afin de produire la réponse  $R^\heartsuit$

### 6.3 CALENDRIER DE LA RECHERCHE

Septembre 2016 – Septembre 2017	Rédaction du canevas
Septembre 2017 – Janvier 2018	Elaboration du questionnaire et de grille d'analyse
Février 2018 – Juin 2018	Recueil des données 1 : questionnaire
Septembre 2018 – Juin 2019	Recueil des données 2 : observations et entretiens
Juin 2019 – Juin 2020	Analyse des données
Juin 2020 – Juin 2021	Rédaction de la thèse

## 7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arsac, G., Germain, G., & Mante, M. (1991). *Problème ouvert et situation-problème*. Lyon: IREM de Lyon.
- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45(6), 797-810.
- Bosch, M., & Gascon, J. (2002). Organiser l'étude. 2. Théories & empiries. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & F. Ruhel (Éd.), *Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques* (p. 23-40). La Pensée Sauvage.
- Bosch, M., & Winsløw, C. (2016). Linking problem solving and learning contents: the challenge of self-sustained study and research processes. *Recherches en didactique des mathématiques*, 35(3), 357-401.
- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude. 1. Structure & fonction. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & F. Ruhel (Éd.), *Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques* (p. 3-22). La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (2005). La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire : transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire. In *La place des mathématiques vivantes dans l'enseignement secondaire*. Paris: APMEP. Repéré à [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/La\\_place\\_des\\_mathematiques\\_vivantes\\_au\\_secondaire.pdf](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/La_place_des_mathematiques_vivantes_au_secondaire.pdf)
- Chevallard, Y. (2008). Un concept en émergence : la dialectique des média et des milieux. In G. Gueudet & Y. Matheron (Éd.), *Actes du Séminaire national de didactique des mathématiques, année 2007*. Paris: IREM.
- Chevallard, Y. (2009, mai). *Remarques sur la notion d'infrastructure didactique et sur le rôle des PER*. Communication présentée à Journées Ampère, Lyon. Repéré à [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Infrastructure\\_didactique\\_PER.pdf](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Infrastructure_didactique_PER.pdf)
- Chevallard, Y. (2011a). La notion d'ingénierie un concept à refonder. Questionnement et éléments de réponse à partir de la TAD. In C. Margolinas, M. Abboud-Blanchard, L. Bueno-Ravel, N. Douek, A. Fluckiger, P. Gibel, ... F. Wozniak (Éd.), *En amont et en aval des ingénieries didactiques* (p. 81-108). Grenoble: La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2011b, février). *Journal du séminaire TAD/IDD. Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement*. Communication présentée à la séance 3 du 18 février UMR ADEF. Repéré à <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/journal-tad-idd-2010-2011-3.pdf>
- Chichekian, T., & Shore, B. M. (2014). The International Baccalaureate: Contributing to the Use of Inquiry in Higher Education Teaching and Learning. In *Inquiry-based Learning for Faculty and Institutional Development: A Conceptual and Practical Resource for Educators* (Vol. 1, p. 73-97). Emerald Group Publishing Limited.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêt et limites. *Aster*, (49), 51-78.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. New York: Henry Holt and company.

- Dorier, J.-L., & García, F. J. (2013). Challenges and opportunities for the implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching. *ZDM*, 45(6), 837-849.
- Dorier, J.-L., & Maass, K. (2014). Inquiry-Based Mathematics Education. In S. Lerman (Éd.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (p. 300-304). Netherlands: Springer.
- Duchet, P., & Mainguené, J. (2003). Les « apprentis-chercheurs » de MATH.EN.JEANS. In *Actes du XXIXe colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs de mathématiques chargés de la formation des maîtres, La Roche sur Yon, 15-17 mai 2012* (p. 167-178). IREM des Pays de la Loire.
- Fabre, M. (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, Vol. 38, 53-67.
- Georget, J.-P. (2009). *Activités de recherche et de preuve entre pairs à l'école élémentaire : perspectives ouvertes par les communautés de pratique d'enseignants* (Thèse de doctorat en didactique des mathématiques). Université Paris-Diderot - Paris VII. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00426603/document>
- Hersant, M., & Orange-Ravachol, D. (2012). La démarche d'investigation, les mathématiques et les SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union. In J.-L. Dorier & S. Coutat (Éd.), *Enseignement des mathématiques et contrat social: enjeux et défis pour le 21e siècle : Actes du colloque EMF 2012*. Université de Genève, Genève, Suisse.
- Hoyle, E. (1969). How does the Curriculum Change? 2. Systems and Strategies. *Journal of Curriculum Studies*, 1(3), 230-239.
- International Baccalaureate (2015). *Approaches to teaching and learning in the Diploma Programme*. Cardiff: IB.
- International Baccalaureate Organization (2012). *Programme du diplôme Guide de mathématiques NM*. Cardiff: IBO.
- International Baccalaureate Organization (2013). *Profile de l'apprenant de l'IB*. Cardiff: IBO.
- Maaß, K., & Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM*, 45(6), 779-795.
- Matheron, Y. (2010). Démarche d'investigation" et Parcours d'Etude et de Recherche en mathématiques : entre injonctions institutionnelles et étude raisonnée des conditions et contraintes de viabilité au sein du système éducatif. In *Actes du 17ème colloque de la CORFEM. 17-18 Juin 2010* (p. 14-36). Caen: Université de Basse-Normandie.
- Office du Baccalauréat International (1973). *Le Baccalauréat International*. Genève: OBI.
- Perrin, D. (2007). L'expérimentation en mathématiques. *Petit x*, (73), 6-34.
- Peterson, A. D. C. (2003). *Schools Across Frontiers: The Story of the International Baccalaureate and the United World Colleges*. Open Court Publishing.
- Ravel, L. (2003). *Des programmes a la classe : étude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en Terminale S spécialité mathématique* (Thèse de doctorat). Université Joseph Fourier - Grenoble I, Grenoble.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles: Commission européenne. Repéré à <http://ec.europa.eu>.

- Schön, D. A. (1992). The Theory of Inquiry: Dewey's Legacy to Education. *Curriculum Inquiry*, 22(2), 119-139.
- Tabulawa, R. (2013). *Teaching and Learning in Context: Why Pedagogical Reforms Fail in Sub-Saharan Africa*. African Books Collective.
- Wozniak, F. (2015). La démarche d'investigation depuis la théorie anthropologique du didactique : les parcours d'étude et de recherche. *Recherches en éducation*, (21), 152-165.