

Interdisciplinarité mathématiques et sciences physiques au Burkina Faso : réalités et perspectives

Résumé

Les difficultés didactiques ont une part de responsabilité dans les échecs des élèves constatés au niveau de l'enseignement des sciences physiques au Burkina Faso. L'une des difficultés notable se situe dans les prérequis mathématiques exigibles dans l'élaboration des notions scientifiques. Les mathématiques, après l'expérimentation, constituent l'outil privilégié du physicien parce que constituées de concepts généraux et d'un langage souvent universel. Dans cette étude, en nous basant sur les notions enseignées en sciences physiques, nous analysons les besoins mathématiques pour l'enseignement des sciences physiques et les dispositions institutionnelles mises en place pour l'interdisciplinarité entre les deux disciplines d'enseignement.

Mots-clés : interdisciplinarité, mathématiques, sciences physiques, prérequis, Burkina Faso.

Abstract

The didactic difficulties are partly responsible for the failures of the pupils observed in the teaching of the physical sciences in Burkina Faso. One of the notable difficulties lies in the mathematical prerequisites required in the elaboration of scientific concepts. Mathematics, after experimentation, constitutes the privileged tool of the physicist because universal language. In this study, based on the concepts taught in the physical sciences, we analyze the mathematical needs for the teaching of physical sciences and the institutional arrangements put in place for interdisciplinarity between the two teaching disciplines.

Keywords: interdisciplinarity, mathematics, physical sciences, prerequisites, Burkina Faso

INTRODUCTION

Les difficultés didactiques ont une part de responsabilité dans les échecs des élèves constatés au niveau de l'enseignement des sciences physiques. L'une des difficultés notable se situe dans les prérequis mathématiques exigibles dans l'élaboration des notions scientifiques. Les mathématiques, après l'expérimentation, constituent l'outil privilégié du physicien parce que constituées de concepts généraux et d'un langage souvent universel. La formulation ou la mise en relation des mesures de grandeurs physiques pour en tirer une loi exige de l'apprenant des connaissances mathématiques. Même si l'enseignement-apprentissage n'exige pas des connaissances mathématiques très élaborées, force est de reconnaître que le minimum nécessaire n'est pas toujours disponible auprès de nos élèves. Dans cette étude, il s'agit d'analyser la pratique de l'interdisciplinarité mathématiques-sciences physiques au Burkina Faso à travers les données institutionnelles et les pratiques d'enseignement.

Pour mieux comprendre notre analyse, il nous semble important de présenter d'abord le contexte de l'étude, puis les aspects méthodologiques et les résultats de l'étude.

1. La problématique

Dans cette partie, nous présentons la problématique de l'étude à travers le contexte, le problème et les aspects théoriques et méthodologiques.

1.1. Le contexte

Notre système éducatif fonctionne avec des enseignements organisés en plusieurs disciplines. Chaque discipline a ses approches d'enseignement, ses objectifs. Toutes ces disciplines concourent aux mêmes finalités définies par la loi d'orientation de l'éducation. Cela n'est possible que lorsque des liens sont établis entre les différentes disciplines enseignées. A l'issue de ces enseignements, les apprenants devront pouvoir mobiliser les connaissances apprises dans des situations auxquelles ils feront face. Les programmes ne font pas ressortir explicitement des liens entre les disciplines enseignées. Sur le terrain, cela se traduit par des disciplines fonctionnant en vases clos et chacune est centrée sur ses objectifs à atteindre en utilisant ses approches d'enseignement.

Les programmes de sciences physiques stipulent que l'enseignement de cette discipline se doit d'être une initiation aux sciences expérimentales mais aussi vise à former des individus capables d'acquérir plus tard, par eux-mêmes, des connaissances sur le monde physique et technique dans lequel ils vivent. Pour ces raisons, l'enseignement des sciences physiques qui utilise beaucoup d'outils mathématiques doit être en harmonie avec cette discipline. Cependant, dans l'élaboration des programmes de sciences physiques, des cadres de concertation entre les encadreurs de cette discipline et ceux de mathématiques n'existent pas. Il arrive que des outils mathématiques nécessaires à l'enseignement d'une notion en sciences physiques ne soient pas toujours à la disposition des élèves ou leur aient été enseignés de façon non appropriée. Soient ces outils sont abordés en mathématiques dans la même classe mais plus tard, ou bien dans une autre classe de niveau supérieur.

1.2. Le problème

Nous vivons dans une réalité naturelle, sociale et humaine complexe (Morin 1990) qui nous exige divers savoirs disciplinaires pour mieux la comprendre. Plusieurs récriminations récurrentes font état de la trop grande distance entre l'école et la vie et on constate que l'éducation apporte peu de solutions aux problèmes des hommes et de la société. Le cloisonnement des enseignements en disciplines qui poursuivent chacune ses propres objectifs participe à isoler l'école de la réalité sociale et économique et contraste avec la démarche naturelle de l'élève. Les enseignements qu'il reçoit doivent lui permettre d'établir des liens entre eux pour mieux cerner cette réalité. Il revient aux enseignants de les aider à tisser ces liens qui exigent le concours des savoirs provenant de différentes disciplines scolaires.

Il n'est pas rare de constater très souvent dans notre système éducatif que des élèves ne possèdent pas des prérequis d'une discipline nécessaires pour l'enseignement d'une nouvelle notion dans une autre discipline. C'est le cas des prérequis de mathématiques pour l'enseignement des sciences physiques. Les acteurs de cette discipline reconnaissent que les difficultés des élèves dans la discipline sont essentiellement celles liées aux prérequis mathématiques inexistantes ou mal assimilés.

Par exemple, la notion de force en mécanique qui a les caractéristiques d'un vecteur en mathématiques et qui est même représentée par un vecteur, est abordée sans s'assurer que cette notion ne soit vue ou assimilée. Alors que pour étudier un système de forces, l'élève doit appliquer les règles liées aux vecteurs étudiées au cours de mathématiques.

L'essentiel des difficultés des élèves constatées en sciences physiques sont des difficultés liées aux prérequis mathématiques. Ces prérequis ne sont pas vus par les élèves, soit mal assimilés ou ils ont des difficultés de transfert de ces prérequis mathématiques en sciences physiques. Dans tous les cas, un problème d'interdisciplinarité se pose dans l'enseignement des deux disciplines. Quelle est la situation de la pratique de l'interdisciplinarité entre les sciences physiques et les mathématiques dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso ? Quelles perspectives pour une interdisciplinarité réussie de ces deux disciplines afin de minimiser les difficultés d'apprentissage des élèves en sciences physiques ?

2. Les cadres théorique et méthodologique

2.1. L'interdisciplinarité

On pourrait se poser la question d'entrée de jeu qu'est-ce qu'une discipline ? Ce mot qui dérive du mot disciple désignant un adepte d'une discipline donnée, est une branche de connaissance qui donne matière à enseigner. Selon Gusdorf (1990, p. 871), la discipline est « un savoir organisé selon l'ordre de la raison », un corps de connaissances ayant une logique interne et une articulation qui imposent des règles auxquelles les disciples ne peuvent déroger.

Le concept d'interdisciplinarité n'a pas de définition univoque (Fourez, 1998 ; Klein, 1990 ; Lenoir, 1997). La littérature sur ce concept foisonne de significations. Pour Bailly et Schils (1988), pratiquer l'interdisciplinarité c'est solliciter d'autres disciplines

ou composer un groupe pluridisciplinaire pour travailler sur un même thème, chacun traitant un aspect particulier lorsque le sujet le demande.

Selon Lenoir (2015), « la réflexion sur l'interdisciplinarité n'a de sens que dans un contexte disciplinaire et qu'elle présuppose l'existence d'au moins deux disciplines de référence et la présence d'une action réciproque ! »

Parlant de l'interdisciplinarité, Lenoir (2015, p. 7) affirme qu' « il s'agit de la mise en relation de deux ou de plusieurs disciplines scolaires qui s'exerce à la fois aux niveaux curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétrations ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (finalités, objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissage, habiletés techniques). »

Le degré d'interdisciplinarité est très variable. Certains critères peuvent aider à le caractériser (Nissani, 1995) :

- le nombre de disciplines impliquées ;
- le degré de similarité entre les disciplines (la sociologie est plus proche de l'économie qu'elle ne l'est des statistiques par exemple) ;
- la nouveauté et la créativité impliquées dans l'association des disciplines ;
- leur degré d'intégration.

Des travaux de recherche (Ba, 2011 ; Maingain et al. 2002 ; Henry, 1996 ;) montrent que les enseignants éprouvent des difficultés dans la mise en œuvre d'une réelle interdisciplinarité dans leurs classes. Les pratiques observées sont souvent une pluridisciplinarité, c'est-à-dire une juxtaposition de matières qui restent cloisonnées. A l'origine de ces difficultés, il y a la formation des enseignants, très disciplinaire et peu tournée vers l'épistémologie, l'histoire et la philosophie des sciences. À cela s'ajoute une interdiction implicite de s'intéresser à ce qui se passe dans les autres matières, des instructions officielles qui ne mettent pas en relief ces thématiques et ne favorisant pas une évaluation interdisciplinaire.

L'interdisciplinarité nécessite une « interaction existant entre deux ou plusieurs disciplines pouvant aller de la communication des idées jusqu'à l'intégration des concepts, des terminologies ou des méthodes » (Allieu - Mary, 1998, p 15).

2.2. La notion de prérequis

Les prérequis sont les savoirs et savoir-faire que doit maîtriser suffisamment et préalablement un apprenant et nécessaires pour aborder une nouvelle notion et/ou acquérir de nouvelles compétences. Dans la conception constructiviste de l'apprentissage, tout apprentissage de nouvelles connaissances fait appel à des connaissances antérieures et exige des savoir-faire déjà acquis. Dans l'élaboration de son cours et en tenant compte des programmes d'étude dans sa discipline ou dans d'autres disciplines, l'enseignant prend en compte ces prérequis supposés maîtrisés par les élèves. Les apprentissages des élèves sont donc tributaires de leurs prérequis et les échecs sont souvent en lien avec leur non-prise en compte. Pour des apprentissages efficaces, l'enseignant doit procéder à une analyse des prérequis indispensables à l'étude de nouvelles notions et veiller à ce que tous les apprenants les possèdent correctement en les faisant acquérir à ceux qui ne les

possèdent pas. Pour confirmer l'importance des prérequis dans la réussite scolaire, Bloom (1979) affirme que « L'une des causes les plus importantes des différences individuelles dans l'apprentissage scolaire est le fait que l'enseignement est dispensé de la même façon à tout un groupe. S'adressant à des ensembles de 20 à 70 élèves, il est normal qu'il soit très efficace pour certains élèves et relativement inefficace pour d'autres. Cette façon de faire permet d'accumuler les erreurs au fil du temps, si l'on ne réussit pas à découvrir et à corriger les défauts dans l'enseignement et dans l'apprentissage. » Il n'est pas rare que des élèves confondent les sciences physiques aux mathématiques, tellement pendant les apprentissages en sciences physiques on fait usage de beaucoup de mathématiques.

2.3. L'approche méthodologique

Dans cette étude nous avons adopté une approche de recherche qualitative. Notre population cible est composée d'enseignants et d'encadreurs de mathématiques et de sciences physiques du Burkina Faso. Les conseillers et les inspecteurs de l'enseignement secondaire constituent ce que nous désignons par le terme « encadreurs » dans ce texte. Les conseillers sont recrutés parmi les enseignants certifiés des lycées et collèges ayant cinq années d'expérience. Les inspecteurs sont recrutés parmi les conseillers ayant trois années d'expérience dans leur corps. L'enquête a concerné les encadreurs de la région du centre-ouest. Leur effectif s'élève à douze dont quatre conseillers de mathématiques, trois conseillers de sciences physiques, trois inspecteurs de mathématiques et deux inspecteurs de sciences physiques. Tous les encadreurs ont été sollicités pour notre étude.

Les programmes de mathématiques et de sciences physiques du post-primaire et du secondaire¹ ont été analysés. Pour les notions de sciences physiques, les prérequis mathématiques ont été recherchés dans les programmes de mathématiques de même que des occasions d'interdisciplinarité. Nous avons réalisé des entretiens semi directifs avec les enseignants de mathématiques et de sciences physiques de la ville de Koudougou. Nous avons opté de nous entretenir avec trois enseignants par discipline dans chacun des deux principaux lycées que sont le lycée provincial et le lycée municipal. Les enseignants ayant au moins cinq années d'expérience dans le corps des professeurs certifiés ont été choisis. Nous avons pu nous entretenir avec six enseignants en mathématiques et six autres en sciences physiques. En tant qu'exécutant des programmes d'enseignement, ils ont été à même de nous situer sur ce qui est fait dans les lycées et collèges en termes d'interdisciplinarité. Nous nous sommes aussi entretenus avec les encadreurs pédagogiques de mathématiques et de sciences physiques, chargés de l'encadrement des enseignants et des réformes des curricula.

¹ Le post-primaire est le niveau du système éducatif allant de la septième à la dixième année de scolarité. Le secondaire est le niveau suivant qui va de la seconde à la terminale. L'enseignement post-primaire comprend la sixième, la cinquième, la quatrième et la troisième.

3. Les résultats

Dans cette partie, nous présentons les résultats de nos enquêtes et les perspectives pour une interdisciplinarité mieux pratiquée entre enseignants de mathématiques et de sciences physiques.

3.1. Présentation des résultats

Des documents de référence des programmes de mathématiques et de sciences physiques

Chacune des disciplines dispose de documents de références pour la formation des élèves. Ces documents indiquent l'ensemble des programmes pour chaque niveau. Pour les mathématiques, les programmes indiquent les grands axes, les contenus et les objectifs pour chacune des classes. Des instructions et commentaires accompagnent ces éléments pour fixer les limites et l'esprit de l'enseignement des différentes notions selon le niveau. L'enseignant n'a pas obligation de suivre un ordre chronologique dans sa progression, mais il doit viser l'harmonie dans les contenus abordés en faisant passer en premier les notions qui sont des prérequis pour d'autres notions. En sciences physiques, les programmes sont déclinés en chapitres et dans un ordre chronologique que les enseignants doivent tenir compte dans leurs exécutions. Ces programmes sont accompagnés de commentaires et d'instructions pour mieux orienter les enseignants.

L'analyse des programmes de sciences physiques fait ressortir des prérequis mathématiques nécessaires à l'enseignement de certaines notions. Trois situations principales se présentent.

La première situation c'est le cas où les prérequis mathématiques ont été enseignés dans une classe de niveau inférieur. On peut citer dans ce cas, le calcul de volumes et la résolution des équations à une inconnue vus en mathématiques en classe de cinquième, qui sont des prérequis en physique dans les classes de quatrième et en troisième. En quatrième, la relation masse-volume utilise la règle de trois vue en mathématiques en classe de cinquième. Nous avons aussi la décomposition d'un vecteur sur un système d'axes abordée en mathématiques en classe de seconde et utilisée en physique en classe de première pour le calcul de la quantité de mouvement d'un système en translation.

Dans la deuxième situation, des prérequis mathématiques sont abordés dans une classe où ils sont utilisés en sciences physiques. Selon la chronologie des chapitres des programmes de chacune des deux disciplines, les prérequis mathématiques nécessaires à l'enseignement d'une notion en sciences physiques sont abordés en mathématiques soit avant ou après. On peut citer la notion mathématique de vecteur qui est abordée en mathématiques en classe de quatrième et en fin d'année, alors que ce prérequis est capital dans l'enseignement des forces en quatrième en début d'année. De même, les équations paramétriques de droites sont vues en fin d'année en classe de seconde en mathématiques alors qu'elles servent de prérequis dans l'étude des trajectoires d'un mobile en classe de seconde.

La troisième situation est celle où les prérequis mathématiques nécessaires pour aborder une notion physique sont enseignés dans une classe de niveau supérieur. Dans ce cas, les programmes de sciences physiques abordent des notions qui requièrent des prérequis mathématiques qui sont enseignés aux élèves dans des

classes de niveau supérieur. La somme de vecteurs colinéaires opposés et de même module abordée en mathématiques dans la classe de troisième est un prérequis en physique pour l'étude des conditions nécessaires à l'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces en classe de quatrième. En classe de seconde où l'équilibre des solides soumis à plusieurs forces est étudié en physique, la projection d'une somme vectorielle dans un système d'axes, utilisée comme prérequis est vue en classe de première en mathématiques.

Les instructions officielles qui accompagnent les programmes de mathématiques recommandent l'interdisciplinarité pour l'enseignement des notions mathématiques. C'est sûrement dans cet esprit, qu'il ressort dans les programmes, la nécessité d'exploiter les interactions entre les mathématiques et les autres disciplines². Ce point semble être unilatéral car il semble inviter les enseignants de mathématiques à utiliser les autres disciplines pour introduire les notions mathématiques.

L'analyse des programmes de mathématiques et de sciences physiques montre que ceux-ci ne sont pas arrimés de sorte que les sciences physiques puissent utiliser les prérequis mathématiques nécessaires à l'introduction et à l'utilisation des notions. Les instructions et commentaires des programmes de physique n'invitent pas clairement les enseignants de la discipline de faire des rapprochements entre les concepts enseignés dans les deux disciplines.

Des pratiques sur le terrain

Les entretiens que nous avons eus avec les enseignants et les encadreurs pédagogiques nous ont permis de nous situer sur les pratiques d'enseignement. Les enseignants de sciences physiques trouvent que leur discipline entretient des liens étroits avec les mathématiques.

Les mathématiques sont utilisées comme une discipline–outil au service des sciences physiques. Des prérequis mathématiques sont indispensables à l'enseignement de certaines notions scientifiques. Mais il ressort des pratiques des enseignants des défauts fréquents de l'enseignement des mathématiques.

Par exemple, le concept de dérivée est enseigné en classe de mathématiques sans faire allusion à la notion de vitesse, d'accélération ou de débit. Cela ne permet pas aux élèves de se saisir de ce concept pour l'utiliser en physique. Le vecteur vitesse est défini en physique comme étant la dérivée du vecteur position et le vecteur accélération la dérivée du vecteur vitesse. La difficulté à ce niveau est que les élèves tentent de se représenter ce concept de dérivée comme étant une nouvelle réalité sans pouvoir faire le lien avec les enseignements reçus en mathématiques ; tout simplement parce qu'aucun lien n'avait été établi par l'enseignant de mathématiques avec le champ de la physique.

En classe de seconde C, le mouvement de translation d'un solide indéformable est abordé en physique. Il est dit dans le manuel de cours, sans démonstration qu'un solide indéformable est en mouvement de translation lorsqu'« à chaque instant tous les points ont un vecteur vitesse identique ». Le lien entre mouvement de translation et translation mathématique n'est pas explicitement établi et Gasser (1996) montre

² Notes introductives du document programme de mathématiques de la classe de première D.

bien que ce lien est loin d'être évident pour les enseignants eux-mêmes de l'une ou l'autre des disciplines. Une confusion est donc faite par les élèves et certains enseignants de mathématiques entre mouvement de translation et mouvement rectiligne. Selon Ba (2007), les enseignants de mathématiques « *ont une conception dynamique de la translation géométrique* » et les amènent à n'envisager pour les solides que le mouvement de translation rectiligne. Les enseignants de physique considèrent le lien comme allant de soi et repose sur le fait que dans un mouvement de translation les trajectoires des points du solide sont translatées les unes des autres. Le lien entre translation et mouvement de translation n'est donc pas réellement établi par les enseignants de mathématiques et de physique.

Dans une séance de leçon en sciences physiques, il y a une séquence de rappels et/prérequis où l'enseignant vérifie les prérequis nécessaires à la leçon du jour qui peuvent être mathématiques. Mais il arrive souvent que certains de ces prérequis mathématiques ne soient des acquis par leurs élèves parce qu'ils doivent être abordés plus tard dans la même classe ou dans une classe supérieure. En pareille situation, l'enseignant donne juste des informations nécessaires sur ces prérequis. Les enseignants de sciences physiques situent la plupart des difficultés d'apprentissage des élèves dans cette discipline dans les prérequis mathématiques que leurs élèves ne disposent pas. Les enseignants de mathématiques interrogés avouent ne pas se soucier de l'enseignement des sciences physiques quand ils font leur progression annuelle. Ils reconnaissent cependant utiliser certaines notions de sciences physiques pour introduire certaines notions mathématiques.

Si les enseignants de mathématiques et de sciences physiques reconnaissent la nécessité d'une interdisciplinarité entre les deux disciplines, ils avouent le manque d'harmonie entre leurs programmes. Ils ne se concertent pas le plus souvent pour savoir ce qui se fait dans l'autre discipline. Ils s'en tiennent à exécuter les programmes selon leurs chronologies pour, disent-ils, respecter les instructions des programmes.

Pour les encadreurs pédagogiques, l'agencement des chapitres obéit à une réalité épistémologique mais encouragent les enseignants des deux disciplines à se concerter pour minimiser les difficultés d'apprentissages des élèves. Il est demandé aux enseignants de sciences physiques de donner les prérequis mathématiques absents avant d'aborder une notion scientifique donnée.

3.2. Discussion des résultats et perspectives

Cette étude révèle des conditions intentionnelles et pratiques d'une faible ou absente interdisciplinarité mathématiques-sciences physiques dans les enseignements post-primaire et secondaire au Burkina Faso. Perrenoud (1996) a décrit les résistances à l'interdisciplinarité, tant pour les institutions que pour les personnes. Sur le plan institutionnel, les programmes d'enseignement dans les deux disciplines sont cloisonnés et ne semblent pas offrir de possibilités de collaboration entre l'enseignant de mathématiques et celui de sciences physiques. La commission nationale³ des programmes est composée de sous-commissions disciplinaires indépendantes. Une vision systémique des programmes aurait permis un rapprochement entre les sous-

³ Au Burkina Faso, les programmes d'enseignement sont proposés par la commission nationale des programmes, après validation des travaux des différentes sous-commissions disciplinaires qui la composent.

commissions des programmes de mathématiques et de sciences physiques afin que les programmes soient arrimés harmonieusement pour permettre l'interdisciplinarité. Les enseignants se soucient plus de l'exécution de leur programme respectif que d'agir en équipe pour réussir l'enseignement de leur discipline. Une culture professionnelle du travail en équipe doit être développée entre les acteurs de l'enseignement de ces disciplines. Pour les enseignants, le rapprochement entre les groupes disciplinaires de mathématiques et de sciences physiques pour travailler en équipe dans les différents établissements secondaires faciliterait la mise en œuvre d'une réelle interdisciplinarité profitable à tous et bénéfique pour les apprenants.

CONCLUSION

Les mathématiques sont nécessaires aux sciences physiques car elles constituent un outil essentiel pour leur enseignement. A la lumière de notre étude, la pratique de l'interdisciplinarité mathématiques-sciences physiques au Burkina Faso n'est pas une réalité. Elle se heurte à des obstacles d'ordre institutionnel que sont les programmes d'enseignement qui sont cloisonnés. Les instructions officielles semblent être un obstacle à une collaboration fructueuse entre enseignants de mathématiques et enseignants de sciences physiques. Les pratiques des enseignants sur le terrain reflètent cette réalité des faits. Pour un enseignement harmonieux de ces disciplines scientifiques, une réforme de la commission nationale des programmes, une vision systémique de l'enseignement et un fonctionnement harmonieux et collaboratif des groupes disciplinaires est nécessaire. Il serait donc nécessaire que chaque discipline puisse assumer au moins une part du questionnement de l'autre et dépasser le cloisonnement où le découpage séquentiel interdit tout re-questionnement sur des supposés (mal) acquis antérieurs de l'autre discipline. Les enseignants des deux disciplines doivent rentrer dans une logique de vrai travail collaboratif pour faire évoluer la perception du découpage disciplinaire par les élèves en vue d'une meilleure prise en charge de leurs difficultés. La formation des enseignants aussi bien initiale que continue doit s'inscrire dans une perspective d'interdisciplinarité afin de les amener à travailler en équipe pédagogique avec pour finalité de transmettre (et parfois faire élaborer par les élèves) des savoirs et leurs usages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Allieu – Mary, N. (1998). *Pour une pédagogie des liens, contribution aux recherches sur les pratiques de l'interdisciplinarité dans le champ pédagogique*, Thèse de doctorat Université Lumière - Lyon II.

Ba, Cissé. (2011). *Vecteur au lycée : difficile articulation entre mathématiques et physiques*. Nouveaux cahiers de la recherche en éducation, 14(1), 71-83.

Ba, C. et Dorier, J.-L. (2007). Liens entre mouvement de translation et translation mathématique : une proposition pour un cours intégrant physique et mathématiques. *Repères IREM*, n° 69, pp. 81-93

Bloom, B. (1979). *Caractéristiques individuelles et apprentissages scolaires*. Labor, Bruxelles.

- Fourez, G. (1998). Se représenter et mettre en œuvre l'interdisciplinarité à l'école. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV (1), 31-50.
- Gasser, J-L. (1996). Mathématiques et Sciences Physiques : translations et rotations. *Repères IREM* n°25, pp. 19-34.
- Gusdorf, G. (1990). Réflexions sur l'interdisciplinarité. *Bulletin de Psychologie*, Vol. 43, pp. 869-885.
- Henry, M. (1996). *Physique-mathématique, mariage d'amour ou mariage de raison ? Epistémologie, rapport au savoir et contrats didactiques*. In Toussaint, *Didactique Appliquée de la Physique-Chimie*. NATHAN pédagogie
- Klein, J. T. (1990). *Interdisciplinary. History, theory and practice*. Detroit, MI: Wayne State University Press.
- Lenoir, Y. (1997). Some interdisciplinary instructional models used in primary grades in Quebec. *Issues in Integrative Studies*, 15, 77-112.
- Lenoir, Y. (2015). Quelle interdisciplinarité à l'école ? *Les Cahiers pédagogiques*. Juillet 2015 1-8.
- Maingain, A., Dufour, B et Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Editions De Boek Université. Belgique.
- Morin, E. (1990). *Science avec conscience*. Paris: Fayard (1^{re} éd. 1982).
- Nissani, M. (1995). Fruits, salads, and smoothies: a working definition of interdisciplinarity. *Journal of Educational Thought* 26, 119-126.
- <https://esge4995.files.wordpress.com/2014/02/definicion-de-interdisciplinaria-y-ensalada-de-frutas.pdf>
- Perrenoud, P. (1996). *Enseigner : agir dans l'urgence, décider dans l'incertitude*, chapitre 5 : Travailler en équipe pédagogique, résistances et enjeux, ESF