

Effet de deux modalités d'utilisation pédagogique du tableau blanc interactif sur les performances des apprenants

Effect of two teaching uses of the interactive whiteboard on the performance of learners

Lionel Mélot, Albert Strebelle et Christian Depover

Unité de Technologie de l'Éducation, Mons, Belgique

Résumé

L'étude porte sur l'analyse de l'effet de deux modalités d'utilisation pédagogique du tableau blanc interactif (TBI) sur les performances des apprenants. Elle se fonde sur une série d'observations et de résultats recueillis en milieu scolaire auprès d'un échantillon de 98 élèves, âgés entre 12 et 14 ans, issus de l'enseignement secondaire en Belgique francophone. Cette étude, conduite dans le cadre d'un cours de physique, se base sur un plan expérimental dans lequel la variable indépendante testée porte sur deux modalités d'utilisation du TBI : un usage partagé entre enseignant et apprenants et un usage réservé aux apprenants. Nous analyserons dans un premier temps les effets du TBI sur les performances globales des apprenants en termes de gains relatifs. Dans un second temps, notre analyse portera sur les gains relatifs en fonction des différentes compétences scientifiques visées dans la séquence d'enseignement. Les résultats de l'étude montrent que les performances globales des élèves, mesurées en termes de gains relatifs sont influencées par la modalité d'utilisation du TBI mise en œuvre. Enfin, l'analyse approfondie met en lumière une différence de gains d'apprentissage entre les groupes selon les compétences ciblées.

Mots clés : étude expérimentale, tableau blanc interactif, modalités d'utilisation pédagogique, gains relatifs d'apprentissage

Abstract

The study is focused on the analysis of the effect of two teaching uses of the interactive whiteboard (IWB) on the performance of learners. It is based on a series of observations and results collected in schools with a sample of 98 students, aged between 12 and 14, from secondary education level in French-speaking Belgium. This study, conducted from a part of a physics course, is based on an experimental design in which the tested independent variable covers two uses of IWB: the use shared between teacher and learners and the use only amongst learners. We will first analyze the effects of IWB on the overall performance of learners in terms of relative benefits. In a second step, our analysis will focus on the relative benefits for the different scientific skills covered in the instructional sequence. The results of the study show that the overall performance of students, measured in terms of relative benefits, is affected by the condition of the implemented use of IWB. Finally, further analysis reveals a difference of learning benefits between the groups according to the targeted skills.

Keywords: experimental study, interactive whiteboard, educational use conditions, learning benefits

I. Introduction

Notre travail de recherche trouve son origine dans les critiques formulées par quelques auteurs (Cutrim Schmid 2009, Condé 2010, Missaoui 2010) selon lesquels l'introduction du tableau blanc interactif (TBI) dans les classes n'avait pas révolutionné les méthodes pédagogiques, bien au contraire. L'enseignement proposé avec cet outil est souvent de type frontal. En effet, l'enseignant devant son tableau, bien qu'interactif, se contente de distiller son cours aux apprenants qui ne sont que rarement invités à manipuler l'outil. Partant de ce constat certes réducteur, mais néanmoins réaliste, nous avons voulu mettre en œuvre avec les apprenants une pédagogie peu exploitée par les enseignants utilisant le TBI : une utilisation de l'outil strictement réservée aux apprenants.

Depuis plusieurs années, des politiques visant l'implantation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans l'enseignement se mettent en place dans les établissements scolaires en Belgique francophone. En effet, cela fait plus de dix ans que les Gouvernements wallon et des Communautés francophone et germanophone ont mis sur pied divers « plans » afin de réduire la fracture numérique dans l'enseignement. Dans un premier temps, il y a eu le plan « Cyberécole » (1999), suivi ensuite par le plan « Cyberclasse » (2005) qui arrivait à échéance en 2012.

Le rapport du groupe de réflexion mis en place en Belgique francophone précise en outre les moyens à mettre en œuvre pour réussir l'école numérique de demain. En particulier : « Doter les écoles de tous niveaux d'équipements technologiques adéquats (ordinateurs, tablettes, projecteurs, périphériques, TNI – tableaux numériques interactifs, logiciels, ENT – espaces numériques de travail, didacticiels, manuels numériques interactifs, ...) favorisant l'usage et l'éducation aux TIC dans des contextes variés (à l'école, à domicile, de manière individuelle, par groupe, par classe entière, ...) ainsi que de connections Internet et d'un réseau local performant ».¹

L'investissement dans les tableaux numériques interactifs est donc explicitement prévu. De plus, le nouveau plan TIC précise que pour 2025 « chaque élève / étudiant(e) devra disposer d'un cartable numérique (en fonction de ses besoins et des évolutions technologiques), appelé à remplacer tout ou partie des manuels classiques et des documents papier par des ressources numériques exploitables tant en classe qu'à domicile » (Ibid). Comment, alors, imaginer utiliser en classe un « cartable numérique » sans disposer d'outils adaptés ? Le tableau étant l'objet le plus emblématique de l'enseignement, il est logique que celui-ci évolue aussi vers le numérique.

Il y a donc fort à parier que le nombre de tableaux numériques interactifs disponibles dans les écoles augmente fortement dans les années à venir. « Comme tout outil pédagogique, le TBI est cependant à double tranchant. Efficace lorsque le parcours didactique a été bien pensé, il peut très vite devenir une vitrine numérique creuse et masquer une inconsistance pédagogique s'il est utilisé uniquement comme simple outil de visualisation de documents ou de cours formatés, sans aucune possibilité d'interaction de la part des élèves » (Baffico 2009, p. 82).

I. Cadre conceptuel

A. Interactivité et TBI

Au fil des années, de nombreuses recherches sur les usages des technologies dans l'enseignement ont montré que l'impact le plus significatif des outils technologiques sur la qualité des apprentissages dépendait des méthodes pédagogiques mises en place autour de l'outil. En effet, l'enseignant qui utilise les outils technologiques lors de ses leçons propose des situations pédagogiques plus riches et plus diversifiées. Petitgirard et al. (2011, p. 44) précise à ce sujet qu'« il serait vain de faire porter à l'ordinateur toute la richesse de la situation pédagogique ». En effet, les outils sont au service des

1. *Cyberclasse. Un nouveau plan TIC pour l'éducation*, 2011. [Consulté le 18 janvier 2012]. <http://cyberclasse.wallonie.be/content/ping-la-pauvret%C3%A9-nest-pas-un-jeu>

démarches et des méthodes mises en place et balisées par les enseignants. Le multimédia qui regroupe des objets de nature variée tels que : textes, images, sons, etc. n'est qu'une partie du dispositif et de la situation d'apprentissage dans lesquels il est utilisé.

Pour Lebrun (1999, p. 79), « les outils représentent des potentiels latents d'interactivité qui s'actualisent dans les situations d'enseignement qui favorisent l'apprentissage. L'interactivité, devient ainsi un potentiel dynamisé par les situations pédagogiques et didactiques dans lesquelles les savoirs, et surtout les apprenants et les enseignants entrent en interaction ». Le dispositif TBI offre un potentiel d'interactivité qui n'acquiert de réalité qu'au travers des méthodes utilisées en suscitant l'activité des apprenants, mais aussi au travers des situations pédagogiques encadrées par les enseignants et mises en œuvre par l'intermédiaire du TBI. C'est la situation pédagogique qui permettra de développer l'interactivité et de l'utiliser à des fins d'apprentissage. L'interactivité fonctionnelle de l'outil trouve son sens dans l'interactivité générée par la situation didactique. L'interactivité sera actualisée tout au long de la séquence de cours grâce aux activités demandées aux apprenants qui sont sollicités tant par le TBI que par l'enseignant dans le cadre de ces situations. Afin que l'utilisation de cet outil puisse avoir un impact positif sur l'apprentissage, l'enseignant doit avoir opéré des choix judicieux au niveau de la scénarisation pédagogique réalisée en amont. En effet, comme le soulignent Depover, Karsenti et Komis (2007) « les TIC ne sont pas intrinsèquement des outils cognitifs, mais plutôt des outils à potentiel cognitif. Donc, le contexte et l'usage sont des facteurs importants de l'impact des TIC sur l'apprentissage et le développement des compétences ».

Barchechath et Pouts-Lajus (1990) distinguent deux types d'interactivités : l'interactivité fonctionnelle et l'interactivité intentionnelle. Alors que la première est liée à l'ergonomie des échanges d'informations avec la machine, la seconde concerne l'engagement de l'auteur du logiciel et gère le dialogue entre la machine et l'apprenant. L'interactivité fonctionnelle fait donc référence aux protocoles de communication interpersonnels. Lebrun (1999), de son côté, complète cette dichotomie en introduisant la notion d'interactivité relationnelle qui, selon lui, complète l'interactivité fonctionnelle du TBI. L'interactivité relationnelle fait référence à toute situation dans laquelle une véritable interaction se crée parmi les partenaires de la relation didactique c'est-à-dire les apprenants qui coopèrent autour du TBI et l'enseignant. Dans l'interactivité relationnelle « l'ordinateur convie les apprenants à des travaux coopératifs et leur fournit des ressources à cet effet ». Le TBI constitue alors un support précieux qui va jouer le rôle de médiateur dans les interactions qui prennent place au sein de la classe entre les apprenants et l'enseignant et entre les apprenants eux-mêmes. Il s'agira pour tous d'interagir non seulement avec les outils technologiques, mais aussi avec les autres acteurs.

Selon Chanier (2000), l'utilisation du TBI dans l'enseignement s'intègre davantage dans des situations d'apprentissage collectif dans lesquelles l'enseignant occupe une place centrale en s'appuyant sur un outil informatique défini a priori comme interactif dont l'interactivité est toutefois strictement fonctionnelle.

Selon Petitgirard et al. (2011), le TBI seul ne possède pas de qualité intrinsèque d'interactivité. En effet, les logiciels fournis avec le TBI, permettent de créer des écrans avec des situations d'apprentissage, des animations... mais n'apportent aucun feedback par rapport aux actions de l'apprenant.

L'utilisation et l'intégration d'un TBI dans l'enseignement doivent donc se mesurer non pas en termes d'interactivité fonctionnelle comme décrite ci-dessus, mais plus en termes d'interactions sociales et langagières générées entre tous les acteurs de la classe. Il constitue un outil qui contribue à soutenir la dimension sociale de l'apprentissage.

Linard (1996) distingue la notion d'interactivité d'ordre technique de l'interaction humaine qu'elle définit au travers de l'interrelation entre des personnes. Lors d'une séquence pédagogique réalisée à l'aide du TBI, il convient de ne plus opposer la médiatisation technique à la médiation humaine. Selon Peraya (2010, p. 4), le terme de médiatisation « doit être entendu au sens de processus de scénarisation des contenus d'enseignement à travers un artefact technique, un dispositif médiatique ».

La médiation humaine quant à elle se rapporte aux processus interpersonnels qui ont lieu au sein de la classe. Afin d'exploiter au mieux tout le potentiel du TBI lors d'une séquence d'apprentissage en classe, il conviendra de combiner la médiatisation technique et la médiation humaine. À propos de cette dernière, Rouet (2001, p. 53) rappelle que « ce type d'interactivité ne vaut que si elle est encadrée par un tuteur capable d'identifier le niveau initial de connaissances de l'apprenant, de stimuler leur explicitation par des questions appropriées, d'interpréter les réponses et d'en déduire les décisions pédagogiques appropriées ».

« Comment l'interactivité limitée de l'outil peut-elle se transformer en une interaction favorable à l'apprentissage et surtout comment enseignant et tableau interactif peuvent se partager les rôles ? » (Lebrun, 1999, p. 42).

Pour répondre à cette question, il convient de déterminer la place de l'outil dans la relation entre apprenants, mais également dans la relation entre l'enseignant et ces apprenants. Il importe de préciser également la place du TBI dans les activités qui réunissent apprenants et enseignant, mais aussi comment il peut servir les finalités qui les orientent.

B. Les niveaux d'intégration d'un TBI en classe

Petitgirard et al. (2011) distinguent trois niveaux d'intégration d'un TBI en classe :

1. Le premier consiste à utiliser le dispositif comme un tableau classique puisqu'il est possible, grâce au TBI, de disposer d'autant de tableaux que l'on veut et il n'est pas nécessaire d'effacer ce qui a été noté. Il suffit pour cela d'ouvrir une nouvelle page et de poursuivre l'écriture. Mieux encore, il est possible de sauvegarder ce qui a été rédigé afin de revenir à des versions antérieures de ce qui a été écrit par les élèves ou l'enseignant. Karsenti et al. (2012, p. 31) considèrent cette manière d'utiliser le TBI comme la plus simpliste et elle « rend l'innovation pédagogique caduque...en payant toutefois le prix fort ». De plus, en utilisant le TBI comme un simple tableau noir sans utiliser tout le potentiel dynamique de l'outil, Cutrim Schmid (2009) souligne le risque que ce dernier soit dès lors utilisé comme moyen d'accroître l'autorité de l'enseignant.
2. Le deuxième niveau consiste à utiliser toutes les ressources de l'ordinateur qui deviennent visibles et audibles à l'ensemble de la classe. En effet, le TBI offre la possibilité d'exposer des informations telles que des documents écrits, audios, vidéos, etc. Dans cette utilisation, le TBI est utilisé selon Albero (2010) comme un auxiliaire multimédia favorisant la présentation magistrale de contenus fréquemment utilisée dans les pédagogies de la transmission.
3. Le troisième niveau, qui est le plus complexe et le plus abouti, regroupe les deux premiers dans une optique d'élaboration d'une séquence pédagogique à l'aide du logiciel de création fourni avec le TBI. Ce logiciel propose généralement une succession d'écrans que l'enseignant ou l'apprenant remplit en fonction de ses besoins à l'aide de différents éléments textuels ou iconographiques tels que des vidéos, des animations flash, des images, etc. Enfin, des liens peuvent être associés à ces différents éléments : liens vers un site Internet, vers des fichiers contenus dans l'ordinateur ou sur une clé USB, vers des vidéos, etc.

Dans cette troisième approche, le TBI n'est plus utilisé comme un simple dispositif de présentation, mais plutôt comme un outil favorisant une pédagogie centrée sur l'apprenant. Cutrim Schmid (2009, p. 57) insiste sur cette utilisation afin de permettre la construction de connaissances par les élèves et non la simple accumulation de ces dernières. De plus, donner la possibilité à l'élève de s'impliquer dans la leçon à travers la production de ressources via l'outil lui permettra d'être acteur dans la construction de ses connaissances, mais conduira également à une meilleure compréhension du sujet abordé.

III. Contexte de l'expérimentation

L'expérimentation a été menée entre le 21 janvier 2013 et le 08 février 2013 auprès de quatre classes d'élèves issus du premier degré de l'enseignement secondaire général de transition en Belgique francophone. Notre échantillon est composé au total de 98 élèves de deuxième année.

D'un point de vue économique et social, les sujets constituant notre échantillon sont issus d'un milieu très favorisé, ce dernier possède en effet un indice socio-économique de 20/20. En 2010, la Communauté française de Belgique, dans le cadre du décret « organisant un encadrement différencié au sein des établissements scolaires de la Communauté française afin d'assurer à chaque élève des chances égales d'émancipation sociale dans un environnement pédagogique de qualité² », a calculé pour chaque établissement scolaire, un indice socio-économique permettant à l'administration d'attribuer plus ou moins de subsides en tenant compte du profil socio-économique des élèves qui y sont scolarisés. Cet indice dépend du quartier de l'élève et tient compte de quatre critères : le revenu par habitant, le niveau de diplôme, le taux de chômage et d'activité et enfin le confort des logements des élèves.

De plus, soulignons que les sujets de notre expérimentation constituent un échantillon spécifique puisque les apprenants utilisent quotidiennement le TBI dans le cadre du cours de sciences, et ce depuis le mois de septembre 2012. L'utilisation de cette technologie ne leur est donc pas étrangère et ils sont donc parfaitement habitués à suivre le cours par le biais de ce support. Nous pouvons assurer que cette étude prend appui sur une forte validité écologique puisque les apprenants sont placés dans un contexte semblable à celui qui constitue leur cadre d'enseignement des sciences depuis le début de l'année scolaire.

Le thème choisi est celui des forces, car il constitue une matière particulièrement complexe pour les apprenants de deuxième année du secondaire étant donné qu'il nécessite le recours à l'abstraction pour l'acquisition de certaines notions telles que la représentation des forces à l'aide d'un modèle vectoriel, mais aussi la résolution de problèmes numériques autour des notions de masse et de poids. De plus, ce thème permet d'élaborer une variété de questions, évaluant quelques compétences à maîtriser (cf. tableau 1) à l'issue du premier degré de l'enseignement secondaire inférieur telles que mentionné dans les prescrits légaux de la Communauté française de Belgique. Cette particularité a rendu plus aisé la réalisation et le choix des questions pour les pré- et post-tests. Ce sujet permet également un découpage des notions en thématiques, ce qui, nous le verrons par la suite, nous a permis d'élaborer le scénario pédagogique du groupe expérimental.

IV. Méthodologie de recherche et dispositif expérimental

L'objet de cette recherche est d'analyser les effets de deux modalités d'utilisation du TBI sur les performances des apprenants en termes de gains relatifs.

Dans le premier groupe, appelé groupe contrôle, les apprenants sont invités à venir réaliser des exercices sur le TBI sur la base des sollicitations de l'enseignant, mais aussi sur une base volontaire. On parlera dans ce groupe d'un usage partagé de l'outil. En effet, l'enseignant et les apprenants se partagent l'utilisation du TBI tout au long de la leçon.

Dans le deuxième groupe, appelé groupe expérimental, les apprenants rassemblés par groupe de trois sont invités à venir présenter une thématique aux autres membres de la classe, à l'aide du logiciel ActiveInspire et du TBI. Quatre thématiques ont été identifiées autour du sujet sur les forces et une même thématique est exposée par deux trinômes différents. On parlera dans ce groupe d'un usage réservé aux apprenants. En effet, l'enseignant ne manipule à aucun moment le TBI, il est uniquement présent au fond du local de classe afin de gérer les éventuels conflits et pannes techniques, mais aussi

2. À chaque élève correspond un indice socio-économique (cet indice dépend du quartier où vit l'enfant). Pour chaque école, on calcule la moyenne des indices socio-économiques, on obtient ainsi l'indice moyen de l'école. Cet indice a permis de classer l'ensemble des établissements en 20 classes.

présent afin d'assurer une bonne transition entre les présentations des différents groupes.

Les performances des apprenants seront analysées de manière quantitative par le biais de la passation d'un prétest dans un premier temps, suivi d'un post-test à l'issue de la séquence de huit périodes de cours.

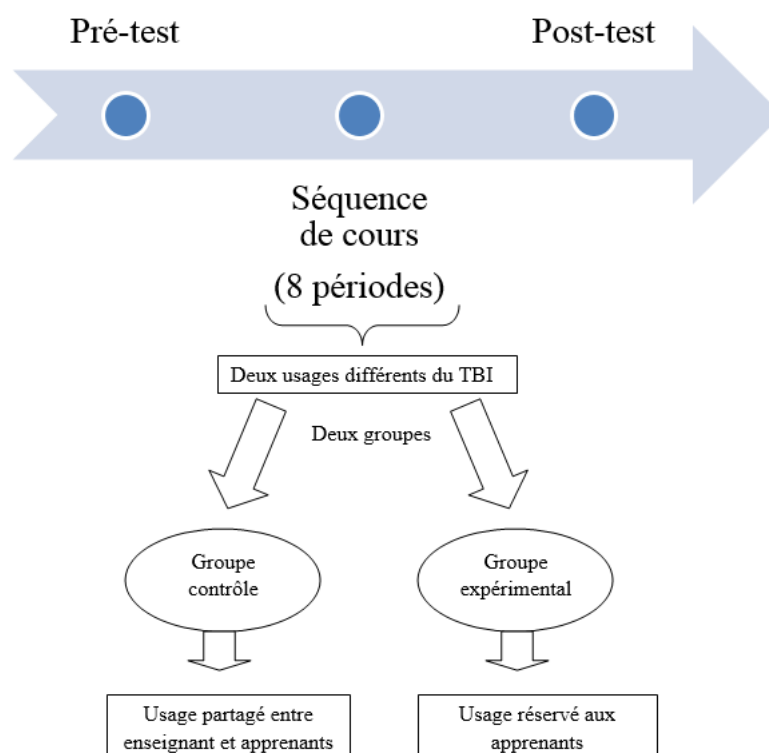
A. Plan expérimental

Le but de cette recherche est d'analyser les effets d'un « usage réservé aux apprenants » du TBI sur les performances des apprenants. L'hypothèse principale étant que les apprenants amélioreraient davantage leurs performances en utilisant seul le TBI, sans l'aide de l'enseignant (groupe expérimental) plutôt qu'à travers une utilisation partagée (groupe contrôle). Dans le groupe expérimental, après un travail de recherche et de découverte réalisé de manière individuelle puis collective, les apprenants réalisent un support de présentation qu'ils viendront exposer aux autres membres de la classe. Les apprenants-enseignants manipulent le TBI conjointement avec les apprenants-participants (condisciples assistant à la présentation du groupe) dans une démarche d'enseignement mutuel.

Il est nécessaire de se donner les moyens d'observer les sujets sous l'effet, mais aussi avant l'effet du traitement expérimental. C'est pourquoi nous utiliserons un plan à observations pré- et post-expérimentales assorti d'un groupe contrôle. Le principe est simple : on fait précéder l'administration du traitement expérimental d'une observation des sujets (prétest) comparable à celle qui sera effectuée après le traitement (post-test).

Dans notre dispositif, deux groupes sont utilisés, chacun faisant l'objet de deux observations successives. Dans le groupe dit « expérimental », le traitement est appliqué entre les deux observations. Dans le groupe appelé « contrôle », la classe se déroule normalement entre les deux phases d'observation. En effet, la méthodologie suivie est identique à celle mise en place depuis le début de l'année scolaire, à savoir une utilisation partagée du TBI entre l'enseignant et les apprenants.

Figure 1 : Le dispositif expérimental



B. Constitution des groupes

Pour la réalisation de l'expérimentation, nous avons constitué deux groupes de 49 sujets. Les deux groupes ont été soumis à la même séquence de cours sur les forces, soit un total de huit périodes d'enseignement de 50 minutes portant sur quatre thématiques différentes : la mesure des forces, la représentation des forces, la distinction entre masse/poids et la relation entre masse/poids. Le groupe contrôle a eu l'opportunité de manier le tableau blanc interactif de manière partagée avec l'enseignant. Comme cela a été mentionné précédemment, cette manière de procéder est habituelle pour les élèves. A contrario, le groupe expérimental a été soumis à un traitement inhabituel puisque les 49 élèves le constituant ont été amenés à présenter à l'aide du TBI, les résultats de leurs recherches menées sur le web durant une période de cours. Chaque élève s'est vu attribuer, de manière aléatoire, une des quatre thématiques du sujet sur les forces ainsi que les références web qui y correspondent. Seul, durant une heure de cours, l'élève explore les différentes sources mises à sa disposition, il réalise les activités proposées et peut même, après avoir consulté toutes les ressources proposées sur la thématique, en chercher d'autre sur le web. Ensuite, 16 trinômes sont formés dans le groupe expérimental, avec au sein de chaque trinôme des élèves ayant traité la même thématique lors de l'étape précédente. Ensemble, ils confrontent leurs découvertes et réalisent un support de présentation qu'ils viendront exposer aux autres membres de la classe.

C. Prétest et post-test

Avant la passation du prétest, il nous a semblé judicieux de prévoir trois périodes d'enseignement dispensées dans les deux groupes de manière équivalente, à savoir : une utilisation partagée du TBI entre l'enseignant et les apprenants. Le choix de cette technique d'enseignement se justifie par le fait que cette dernière est mise en œuvre avec les apprenants depuis le début de l'année scolaire. À l'issue des trois périodes d'enseignement, une évaluation portant sur les notions abordées en guise d'introduction a été proposée aux apprenants. Un test t pour échantillons indépendants ($t = -0,701$; $p = .485$) a été réalisé afin de comparer les moyennes. Les résultats fournis par la statistique inférentielle montrent une équivalence des deux échantillons.

Cette manière de procéder se justifie par la nécessité de fournir aux apprenants les prérequis notionnels suffisants afin de pouvoir aborder les quatre thématiques qui seront étudiées durant le traitement, notamment pour le groupe expérimental dont la méthode pédagogique s'apparente à un apprentissage par découverte. Comment aborder certaines thématiques telles que la mesure et la représentation des forces sans avoir une définition de cette notion ? Dans les deux groupes (contrôle et expérimental), les trois premières périodes ont donc été consacrées à la découverte de la notion de force, sa définition et à la réalisation d'exercices permettant l'application de cette définition.

Le prétest a pour but de récolter des données sur les préacquis des élèves à propos des notions qui seront abordées durant les huit périodes d'enseignement portant sur la mise en œuvre du plan expérimental. Ces résultats pourront être comparés à ceux du post-test afin de calculer les gains relatifs de chaque apprenant. Cette épreuve est divisée en quatre parties, chaque partie correspondant à une des quatre thématiques qui seront abordées durant les huit périodes d'enseignement. Les questions sont tantôt fermées, tantôt ouvertes. Les questions fermées sont à choix multiples alors que les questions ouvertes nécessitent la réalisation de calculs, la manipulation d'outils tels que la latte, la calculatrice, etc.

Ce tableau fournit un rapide aperçu des compétences ciblées dans cette séquence d'enseignement ainsi que le nombre de questions présentées aux pré- et post-tests permettant l'évaluation de ces compétences. Rappelons que les questions posées lors des deux épreuves étaient identiques, seul l'ordre d'apparition était différent.

Tableau I : Compétences ciblées et nombre de questions posées aux pré et post-tests par thématique

Thématique	Compétences ciblées	Nombre de questions évaluant la/les compétence(s)
Mesure d'une force	<ul style="list-style-type: none"> ↳ identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat ; ↳ exprimer le résultat d'une mesure ; 	6
Représentation d'une force	<ul style="list-style-type: none"> ↳ élaborer un concept : le modèle vectoriel ; 	4
Masse/poids	<ul style="list-style-type: none"> ↳ élaborer un concept/une loi : distinction masse et poids ; 	6
Approche relation masse/poids	<ul style="list-style-type: none"> ↳ mettre en évidence des relations entre deux variables. 	4

La première partie se rapporte à la thématique « la mesure d'une force » et permet d'évaluer la maîtrise des compétences suivantes « identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat » et « exprimer le résultat d'une mesure ».

La deuxième partie se rapporte à la thématique « la représentation des forces » et permet d'évaluer la maîtrise de la compétence « élaborer un concept : le modèle vectoriel ».

La troisième partie concerne la thématique « distinction masse et poids » et permet d'évaluer la maîtrise de la compétence « élaborer un concept/une loi : la distinction entre la masse et le poids ».

La quatrième partie concerne la thématique « approche de la relation masse/poids » et permet d'évaluer la maîtrise de la compétence « mettre en évidence des relations entre deux variables ».

Chaque question du prétest et du post-test est notée sur 1, le total de l'épreuve est sur 20 points. La durée de passation des deux épreuves est fixée à 20 minutes pour les deux groupes. Les questions constituant le post-test sont identiques à celles utilisées pour le prétest, mais elles ont été mélangées et ne sont plus classées par thématique.

V. Variables dépendantes et questions de recherche

Le but général de notre étude est d'évaluer l'influence de deux modalités d'usage du TBI en classe sur les progrès réalisés par les apprenants. La première question de recherche vise à vérifier si un usage du TBI réservé aux apprenants pour l'enseignement d'une séquence de physique sur le sujet des forces conduit à des gains d'apprentissage supérieurs par rapport à un usage partagé enseignant/élèves du TBI.

Ensuite, nous analyserons les effets de ces deux types d'usage du TBI sur les gains d'apprentissage en fonction des compétences ciblées. Notre seconde question de recherche est donc : un usage du TBI réservé aux apprenants pour l'enseignement d'une séquence de physique sur le sujet des forces

amène-t-il des gains d'apprentissage supérieurs, selon la compétence ciblée, par rapport à un usage partagé enseignant/élèves du TBI ?

Afin d'apporter des réponses à nos deux questions de recherche, nous avons identifié plusieurs variables dépendantes : d'une part, les scores en termes de gains relatifs pour l'ensemble de l'épreuve et, d'autre part, les scores des apprenants selon la compétence ciblée.

VI. Présentation des résultats et interprétation

A. Les performances mesurées en termes de gains relatifs

1. Comparaisons des résultats du groupe contrôle et du groupe expérimental

Signalons d'emblée que le nombre de sujets de notre échantillon a été restreint pour cause de maladies saisonnières. En effet, au cours de l'expérimentation, cinq sujets ont quitté le groupe contrôle et quatre le groupe expérimental. La perte de sujet est particulièrement difficile à éviter, surtout dans le cas de plans séquentiels demandant des interventions répétées de la part des sujets et s'étalant sur une durée relativement longue, dans ce cas-ci deux semaines. Dans ce plan expérimental, nous pouvons affirmer que cette perte de sujets n'affecte pas la validité externe de l'expérimentation étant donné son caractère aléatoire et le nombre réduit de sujets perdus entre le début et la fin du traitement expérimental.

Le tableau ci-dessous présente les moyennes des gains relatifs³ qui ont été calculées grâce aux résultats des apprenants aux pré- et post-tests. Il permet d'apprécier les progrès des deux groupes expérimentaux à l'issue des huit périodes d'enseignement.

Tableau II : Gains relatifs associés aux scores globaux

Gains relatifs	N	Moyenne	Écart-type	Erreur standard moyenne
groupe contrôle	44	60,44	18,563	2,798
groupe expérimental	45	48,70	25,583	3,814

L'observation de ce deuxième tableau nous permet de constater qu'il existe une différence entre les moyennes des deux groupes en termes de gains relatifs. Le groupe contrôle présente une moyenne supérieure à celle du groupe expérimental. En effet, le groupe ayant utilisé le TBI de manière partagée avec l'enseignant obtient un gain relatif de 60,44% alors que l'autre groupe ayant utilisé seul le TBI obtient une moyenne de 48,70%. La différence entre ces deux moyennes est donc de 11,74%.

Gérard (2003) considère qu'il y a un effet positif d'apprentissage lorsque ce gain relatif est supérieur à 30 ou 40%, on peut donc considérer pour les deux groupes que l'utilisation du TBI a eu un effet positif sur l'apprentissage puisque les gains relatifs globaux sont dans les deux cas supérieurs à 40% (cf. tableau 2).

Ces résultats mettent en avant une différence de moyennes des gains relatifs entre les deux groupes. Afin de statuer sur la significativité de cette différence, nous poursuivons nos analyses avec la mise en œuvre d'un t de Student. Avant cela, un test de Kolmogorov-Smirnov a été effectué et la valeur du Z est de 1,176 et son degré de significativité est supérieur à .10. On peut donc affirmer que les valeurs des deux groupes suivent une même loi normale et nous pouvons dès lors appliquer un test t de Student.

3. Le gain relatif a été calculé selon la formule proposée par d'Hainaut (1975) :
 $(\text{Score APRÈS} - \text{Score AVANT}) / (\text{Score MAXIMUM} - \text{Score AVANT}) \times 100.$

Les résultats présentés dans le tableau 3 sont issus du test t pour échantillons indépendants.

Tableau III : Gains relatifs des scores globaux

	Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes				
	F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type
Hypothèse de variances égales	2,696	,104	2,473	87	,015	11,738	4,747

On observe que la valeur du test de 2,473 et que le degré de significativité est inférieur à .05 puisqu'il vaut .015. Dès lors, la différence de moyennes des gains relatifs entre le groupe contrôle et le groupe expérimental peut être considérée comme significative. L'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de différence de moyennes entre les groupes est donc rejetée, de sorte que nous pouvons conclure à une différence de gains d'apprentissages entre les apprenants ayant partagé le TBI avec l'enseignant et ceux ayant utilisé seuls l'outil. Mais contrairement aux attentes formulées dans notre hypothèse, nous pouvons affirmer que la progression du groupe contrôle a été supérieure à celle du groupe expérimental et que la méthode mise en œuvre dans ce dernier groupe semble moins efficace que celle du groupe contrôle. Autrement dit, la combinaison entre travail en petit groupe et présentation au TBI semble moins efficace que l'utilisation du TBI encadrée par l'enseignant.

2. Comparaisons des résultats du groupe contrôle et du groupe expérimental restreint

Dans le but d'approfondir nos analyses et notre compréhension des résultats énoncés précédemment, nous nous sommes penchés sur les résultats des différents trinômes, au nombre de 16 (un étant composé de 4 membres), constituant le groupe expérimental.

Comme nous l'avons mentionné dans la troisième partie de cet écrit, les trinômes du groupe expérimental ont été constitués de manière aléatoire. En calculant les gains relatifs sur la base de la performance globale des trinômes, il apparaît que certains groupes n'ont pas tiré profit de la méthode pédagogique mise en œuvre. En effet, certains groupes ont très peu progressé dans leurs apprentissages (5% en termes de gains relatifs) alors que d'autres ont remarquablement progressé (75% en termes de gains relatifs).

Cette grande amplitude de gains relatifs entre les 16 trinômes nous a poussés à sélectionner ceux dont la dynamique de groupe a été la plus efficace. Pour réaliser cette sélection, nous nous sommes basés sur certains indicateurs révélateurs de l'efficacité du travail de groupe tels que proposés par Ponsot (2009). Nous avons observé ces indicateurs lors des séquences de travail et de présentation en groupe, mais également en visionnant les vidéos des quatre périodes de travail en laboratoire informatique. Parmi ces signes de reconnaissance d'un travail en groupe efficace, nous avons été attentifs aux indicateurs suivants :

- bonne synergie entre les membres du groupe, aussi bien lors du travail de recherche sur les ordinateurs que lors de la présentation de la thématique ;
- centration sur la tâche attendue, l'enseignant n'a pas dû faire de remarques disciplinaires (bavardages, recherches web hors sujet, etc.) aux membres du groupe ;
- le groupe est autonome, il n'a pas sollicité l'aide de l'enseignant pour la réalisation du support de présentation et la compréhension des différentes notions ;

- une répartition équitable du temps de parole de chaque membre du groupe évaluée grâce au chronométrage du temps de parole de chaque élève lors de la présentation ;
- chaque membre du groupe maîtrise le sujet, l'enseignant a veillé à poser des questions à chaque membre du groupe afin de vérifier que chaque apprenant maîtrise le sujet.

En extrayant du groupe expérimental, les huit trinômes ayant réalisé un travail de groupe performant en fonction des critères énumérés ci-dessus, la moyenne des gains relatifs du groupe expérimental est différente de celle obtenue lors de l'analyse précédente. En effet, en considérant l'ensemble des trinômes du groupe expérimental, la moyenne des gains relatifs était de 48,70% contre une moyenne de 66,79% de ce même groupe lorsqu'on en extrait les trinômes les plus efficaces.

Les deux tableaux ci-dessous présentent les résultats du groupe contrôle et du groupe expérimental restreint.

Tableau IV : Gains relatifs des scores globaux avec groupe expérimental réduit

Gains relatifs	N	Moyenne	Écart-type	Erreur standard moyenne
groupe contrôle	44	60,44	18,563	2,799
groupe expérimental restreint	21	66,79	14,685	3,204

Un test de Kolmogorov-Smirnov a été calculé à .792 et son degré de significativité est supérieur à .10 (non significatif), de plus l'analyse de l'histogramme de distribution des données montre une distribution normale de ces dernières et le test de Levene renseigne une égalité des variances entre les deux groupes. Nous pouvons dès lors poursuivre notre analyse par l'application du t de Student.

Tableau V : Gains relatifs des scores globaux avec groupe expérimental réduit

	Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes				
	F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type
Hypothèse de variances égales	1,528	,221	-1,375	63	,174	-6,35366	4,62180

Sur base des données présentées dans le tableau 5, on observe donc qu'en considérant le groupe expérimental restreint, la valeur du t est de -1,375 et que le niveau de significativité est supérieur à .05 puisqu'il vaut .174. Ainsi, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des gains relatifs du groupe contrôle et du groupe expérimental restreint.

L'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de différence de moyennes entre les groupes est donc dans ce cas acceptée, mais on peut toutefois nuancer la réponse apportée à notre question de recherche compte tenu du fait que la différence en faveur du groupe contrôle (utilisation partagée du TBI) observée sur la base du groupe expérimental total apparaît cette fois en faveur du groupe expérimental (utilisation autonome du TBI) sans toutefois qu'elle soit significative.

B. Les résultats aux épreuves en termes de gains relatifs en fonction des compétences ciblées

Afin de fournir une analyse plus approfondie, nous allons nous pencher dans cette partie sur l'analyse des performances des apprenants selon la compétence scientifique ciblée par les différents exercices proposés lors des pré- et post-tests.

La question de recherche étant de savoir si une utilisation du TBI réservée aux apprenants peut-être bénéfique pour le développement de certaines compétences. Autrement dit, certaines compétences sont-elles davantage maîtrisées lorsque l'apprenant a l'occasion de manipuler seul le TBI (utilisation autonome) ?

Comme nous l'avons mentionné dans la troisième partie de cet écrit, chacune des quatre thématiques vise l'acquisition d'une ou de plusieurs compétences telles que prescrites dans le document de référence « socles de compétences ». Ce référentiel⁴ présente de manière structurée les compétences de base à exercer jusqu'au terme des huit premières années (de 6 à 14 ans) de l'enseignement obligatoire et celles qui sont à maîtriser à la fin de chacune de ses étapes (à l'âge de 9 ans, 12 ans et 14 ans) parce qu'elles sont considérées comme nécessaires à l'insertion sociale et à la poursuite des études.

Les résultats figurant dans les tableaux 6 et 7 sont issus des pré- et pos-tests administrés aux deux groupes du plan expérimental. Pour le groupe expérimental, nous avons procédé de la même manière que lors des analyses statistiques précédentes. À savoir que, dans un second temps, nous avons extrait les huit trinômes ayant réalisé un travail de groupe performant selon les critères énoncés au point précédent.

Le sixième tableau présente les moyennes des gains relatifs caractérisant les deux groupes (expérimental et contrôle) en fonction de chacune des compétences ciblées.

Tableau VI : Gains relatifs par compétence ciblée

Compétences ciblées	Usage du TBI partagé enseignant / apprenants		Usage du TBI réservé aux apprenants			
			Groupe expérimental complet		Groupe expérimental restreint	
	Moyenne	σ	Moyenne	σ	Moyenne	σ
1 identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat ; exprimer le résultat d'une mesure ;	47,11	25,47	31,60	50,03	42,60	30,02
2 élaborer un concept : le modèle vectoriel ;	36,30	67,69	31,83	82,39	30,33	55,11
3 élaborer un concept/une loi : distinction masse et poids ;	84,48	26,51	67,92	48,26	94,52	12,84
4 mettre en évidence des relations entre deux variables ;	61,17	40,94	42,71	55,67	84,13	28,61

4. Ministère de la Communauté Française (2002). Socles de compétence. Bruxelles.

L'analyse de ce tableau permet de mettre en évidence des différences de moyennes entre les groupes selon les compétences ciblées. On observe que ces différences varient fortement suivant la compétence ciblée chez l'élève, entre 5% et 23%. Ainsi, si de faibles différences de moyennes, aux alentours des 5% en termes de gains relatifs (GR), sont constatées en faveur du groupe contrôle, pour les compétences « identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat ; exprimer le résultat d'une mesure » (GR « usage partagé » : $\bar{X} = 47,11\%$; GR « usage réservé apprenants » : $\bar{X} = 42,60\%$) ; il en est de même pour la compétence « élaborer un concept : le modèle vectoriel » (GR « usage partagé » : $\bar{X} = 36,30\%$; GR « usage réservé apprenant » : $\bar{X} = 30,33\%$).

Des différences plus marquées, de 10 à 20%, concernant les compétences trois et quatre peuvent être relevées, mais cette fois en faveur du groupe expérimental. Pour la compétence « élaborer un concept/une loi : distinction masse et poids », les apprenants ayant partagé l'utilisation du TBI avec l'enseignant obtiennent des performances moins élevées ($\bar{X} = 84,48\%$) que les apprenants du groupe expérimental ($\bar{X} = 94,52\%$). Concernant la compétence « mettre en évidence des relations entre deux variables », le groupe contrôle obtient des résultats nettement inférieurs ($\bar{X} = 61,17\%$) à ceux du groupe expérimental restreint ($\bar{X} = 84,13\%$).

Nous avons, comme pour les analyses inférentielles précédentes, procédé à la mise en œuvre d'un test de Kolmogorov-Smirnov (.792) afin de nous assurer que les données récoltées proviennent de distributions normales avec une variance égale. Pour les différentes compétences évaluées, les données recueillies proviennent bien de distributions normales puisque les degrés de significativité des quatre tests réalisés étaient toujours supérieurs à .10 (non significatif), nous pouvons dès lors poursuivre notre analyse par l'application du t de Student pour échantillons indépendants.

Tableau VII : Test de comparaison des moyennes des gains relatifs par compétence ciblée

Compétences ciblées		Groupe contrôle/groupe expérimental		Groupe contrôle/groupe expé. restreint	
		t	Sig. (bilatérale)	t	Sig. (bilatérale)
1	identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat ; exprimer le résultat d'une mesure ;	1,820	,072	,666	,508
2	élaborer un concept : le modèle vectoriel ;	,287	,775	,378	,707
3	élaborer un concept/une loi : distinction masse et poids ;	2,068	,042	-2,073	,042
4	mettre en évidence des relations entre deux variables ;	1,823	,072	-2,310	,024

Ce dernier tableau permet de statuer sur la significativité des différences de gains relatifs, en fonction des compétences ciblées, observées entre les deux groupes. Parmi les différences de moyennes des gains relatifs entre le groupe contrôle et le groupe expérimental, seule la différence de moyennes pour la compétence trois est significative et en faveur du groupe contrôle. Si on effectue dans un second temps les mêmes comparaisons avec le groupe expérimental restreint, les différences de moyennes des gains relatifs en faveur du groupe expérimental restreint sont significatives pour les compétences trois et quatre.

Ces résultats nous amènent à nuancer notre réponse à notre deuxième question de recherche qui est : un usage du TBI réservé aux apprenants pour l'enseignement d'une séquence de physique sur le sujet des forces amène-t-il des gains d'apprentissages supérieurs, selon la compétence ciblée, par rapport à un usage partagé enseignant/élèves du TBI ?

En effet, le développement de compétences de haut niveau exigeant des opérations cognitives impliquant le recours à l'abstraction semble réclamer des approches pédagogiques plus encadrées nécessitant une intervention plus importante de l'enseignant alors qu'une approche basée sur la redécouverte et l'initiative de l'apprenant conduit à de meilleurs résultats lorsqu'il s'agit d'activités visant la conceptualisation ou l'identification de relations entre variables.

Comme le souligne Lê Thi Hoai dans sa thèse (1997, p. 51) : « la difficulté du passage des grandeurs scalaires à la prise en compte des caractéristiques d'orientation des grandeurs vectorielles confirme également le rôle important des choix didactiques, dans la création de conditions favorables au dépassement de cette difficulté ».

En effet, l'enseignant est vraisemblablement plus à même de proposer des situations didactiques plus favorables à l'acquisition du modèle vectoriel que ne le sont des apprenants âgés de 14 ans. Cette différence permet d'expliquer la non-similitude de la maîtrise de la représentation vectorielle des forces en faveur du groupe contrôle.

Les mêmes constatations portant sur les méthodes didactiques généralement mises en œuvre ont également été formulées par Lounis (1989, p.10) : « l'étude empirique des difficultés des élèves lors de l'apprentissage et de l'utilisation des modèles vectoriels de base montre que les élèves privilégient l'aspect scalaire des grandeurs physiques vectorielles, par rapport à leurs caractéristiques d'orientation spatiale. Ces conceptions sont tenaces et évoluent très peu sous l'effet de l'enseignement traditionnel malgré un bon niveau d'acquisition préalable du concept de vecteur mathématique ».

VII. Discussion et conclusion

Le but de cette recherche était de comparer l'impact de deux utilisations différentes du TBI sur les performances globales des apprenants en termes de gains relatifs pour l'ensemble de l'épreuve dans un premier temps et pour chaque compétence visée dans un second temps. Dans un premier groupe, appelé groupe contrôle, l'enseignant a préparé sa leçon à l'aide du logiciel fourni avec le TBI et il invite les apprenants à découvrir les notions liées au sujet des forces en manipulant directement le TBI. Nous parlons dans ce cas, d'une utilisation partagée de l'outil entre enseignant et apprenant.

Dans le second groupe, appelé groupe expérimental, nous avons mis en place une pédagogie davantage basée sur le socioconstructivisme et le conflit sociocognitif. En effet, les apprenants étaient amenés, par groupe de trois, à venir présenter certaines notions scientifiques aux autres membres de la classe (utilisation autonome). Ces notions avaient été découvertes à travers des recherches sur le web et la manipulation de logiciels de simulation, ces activités ont été menées seul dans un premier temps et de manière collective dans un second temps. Les résultats de ces recherches ont ensuite été transcrits sur un support de présentation numérique afin de les partager et de les présenter aux autres membres de la classe via le TBI. Les apprenants prenaient donc le temps d'une leçon, le rôle de l'enseignant qui, demeurant au fond de la classe, n'intervenait que pour régler les éventuels problèmes techniques et gérer la transition entre les groupes.

L'analyse des données recueillies nous permet de tirer des conclusions concernant les gains relatifs globaux obtenus par les apprenants. En effet, un usage du TBI réservé aux apprenants pour l'enseignement d'une séquence de physique sur le sujet des forces amène des gains d'apprentissages inférieurs par rapport à un usage partagé du TBI entre l'enseignant et les élèves. Cette méthode basée sur un apprentissage par découverte dans un premier temps, qui sollicite dans un second temps le conflit sociocognitif lors du travail mené en groupe semble moins efficace que l'utilisation du TBI encadré par l'enseignant. Ces différences de gains d'apprentissage selon l'usage du TBI ont été

confirmées comme significatives par la procédure statistique inférentielle employée. Cependant, si on s'intéresse de plus près aux trinômes d'apprenants qui se sont approprié efficacement la méthode pédagogique mise en œuvre, les résultats sont différents et les gains d'apprentissage du groupe expérimental restreint sont dans ce cas supérieurs à ceux du groupe contrôle. Néanmoins, ces différences de gains d'apprentissage selon l'usage du TBI n'ont pas été confirmées comme significatives par la procédure statistique inférentielle employée excepté pour les activités relevant de la conceptualisation et de l'identification de relations entre variables. De futures recherches pourraient s'intéresser à la manière dont la dynamique d'un groupe influence sur les performances de ses membres. Autrement dit, certaines modalités d'organisation d'un groupe permettent-elles de prédire de meilleures performances à l'issue d'un travail mené en collaboration ?

D'autres études que la nôtre ont démontré l'impact des pédagogies constructivistes sur les apprentissages scientifiques des apprenants. Campione (1994), cité par Kierschener et al. (2006, p. 79), a noté que « lorsque les élèves apprennent les sciences par des méthodes de découverte accompagnées de peu de feedbacks, ils sont souvent frustrés et désorientés et leur confusion peut conduire à des idées fausses⁵ ». Ce type d'attitude a été observé lors de notre expérimentation lorsque, seul, chaque apprenant devait s'approprier de nouvelles notions relatives au sujet des forces. Certains d'entre eux, désorientés, ont même montré des comportements agressifs, car surpris et désarmés par le manque de guidance lors de leur travail de découverte.

Les recherches menées par Moreno (2004), cité par Kierschener et al. (2006, p. 79), l'ont également amené à constater qu'« il existe un nombre croissant de recherches démontrant que les élèves apprennent plus profondément lors d'un apprentissage fortement guidé que lors d'un apprentissage par découverte⁶ ». Parmi ces recherches, celle de Klahr et Nigam (2004), cité par Kierschener et al. (2006, p. 79), est particulièrement intéressante. En effet, ils ont comparé la capacité des apprenants, ayant bénéficié d'une méthode d'apprentissage par découverte à ceux ayant eu un apprentissage dirigé, à transférer leurs connaissances dans de nouveaux contextes. Les résultats sont sans ambiguïté et révèlent qu'un apprentissage directif s'accompagnant d'exemples et de conseils donne lieu à un apprentissage plus en profondeur que lors d'un apprentissage par découverte.

Ces observations sont confirmées par les résultats de notre recherche selon lesquels l'apprentissage et le développement de certaines compétences reposant sur des opérations cognitives de niveau moins élevé sont compatibles avec un encadrement moins soutenu de l'enseignant comme c'est notamment le cas lorsque l'apprenant est engagé dans une approche par redécouverte. En revanche, l'acquisition de compétences relevant d'opérations cognitives plus complexes comme le recours à l'abstraction se prête probablement moins à la mise en place de certaines méthodes pédagogiques telles que l'apprentissage par découverte excepté lorsqu'un encadrement allégé de la part de l'apprenant peut être compensé par une dynamique de groupe particulièrement efficace.

Références

Agence Wallonne des Télécommunications (2010). *Baromètre TIC 2010*. Récupéré le 23 février 2013 de http://www.awt.be/contenu/tel/dem/barometre_TIC_2010.pdf

Albero, B. (2010). Une approche sociotechnique des environnements de formation. Rationalités, modèles et principes d'action. *Éducation et didactique*, 4(1). Récupéré le 3 avril 2014 de <http://educationdidactique.revues.org/715>

Baffico, P. (2009). L'utilisation du tableau blanc interactif pour enseigner la géographie au lycée. *L'Information géographique*, 73(3), 65-83. Récupéré le 20 mars 2013 de <http://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2009-3-page-65.htm>

5. Traduction des auteurs

6. Traduction des auteurs

Barchechath, E. et Pouts-Lajus, S. (1990). Postface. Dans K. Crossley et L. Green, *Le design des didacticiels. Guide pratique pour la conception de scénarios pédagogiques interactifs*. (pp. 155-157). Paris : ACL Editions.

Chanier, T. (2000). Hypermédia, interaction et apprentissage dans des systèmes d'information et de communication. Dans L. Duquette et M. Laurier (dir.), *Apprendre une langue dans un environnement multimédia*. Montréal : Edition Logiques.

Condé J. (2010). *Le TBI sera bientôt un outil relai au service des tablettes ou smartphones*. Récupéré le 12 janvier 2014 de <http://www.lecafedufle.fr/2013/07/le-tbi-sera-bientot-un-outil-relai-au-service-des-tablettes-ou-smartphones-jean-conde-interactif/>

Cutrim Schmid, E. (2009). *Interactive Whiteboard Technology in the Language Classroom : Exploring New Pedagogical Opportunities*. Sarrebruck, Allemagne : Verlag Dr. Müller (VDM).

D'Hainaut, L. (1975). *Concepts et méthodes de la statistique. Tome 1*. Bruxelles : Labor.

Depover, C., Karsenti, T. et Komis, V. (2007) *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages*. Québec : Presses Universitaire du Québec.

Depover, C. (dir.). (2009). *La recherche en technologie éducative. Un guide pour découvrir un domaine en émergence*. Paris : AUF / éditions des archives contemporaines.

Depover, C. (2009). *Méthodes et outils de recherche en sciences de l'éducation*. Récupéré le 05 janvier 2013 de <http://ute.umh.ac.be/methodes/>

Gérard, F.-M. (2003). L'évaluation de l'efficacité d'une formation. *Gestion 2000*, 20(3), 13-33. Récupéré le 11 avril 2013 de <http://www.fmgerard.be/textes/Outil.pdf>

Karsenti, T., Collin, S. et Dumouchel, G. (2012a). L'envers du tableau: ce que disent les recherches de l'impact des TBI sur la réussite scolaire. *Vivre le primaire*, 25(2), 30-32. Récupéré le 15 avril 2014 de <http://karsenti.ca/pdf/scholar/ARP-karsenti-98-2012.pdf>

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work : An analysis of the failure of constructivist theory, discovery, problem based, experiential and inquiry based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. Récupéré le 25 mai 2014 de <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/16899>

Lê Thi Hoai C. (1997). *Une étude institutionnelle sur l'enseignement des vecteurs au niveau secondaire au Viêt-Nam et en France* (Thèse de doctorat). Université Joseph Fourier, Grenoble 1. Récupéré le 19 avril 2013 de http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_x/fic/46/46x3.pdf

Lebrun, M. (1999). *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Bruxelles : De Boeck.

Linard, M. (1996). *Des machines et des hommes, apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris : L'Harmattan.

Lounis, A. (1989). *L'introduction aux modèles vectoriels en physique et en mathématiques : conceptions et difficultés des élèves, essai de remédiation* (Thèse de doctorat). Université Aix Marseille I. Récupéré le 19 avril 2013 de <http://www.inrp.fr/Didactique/These/PhysChim/Lounis.htm>

Ministère de la Communauté Française (2002). *Socles de compétence*. Bruxelles.

Missaoui, O. (2010). *Le TBI est-il vraiment interactif ?* Récupéré le 18 janvier 2014 de http://cursus.edu/article/9904/tbi-est-vraiment-interactif/#.Uw8nzfl5O_Q

Peraya, D., Viens, J. et Karsenti, T. (2002). *Formation des enseignants à l'intégration pédagogique des TIC : Esquisse historique des fondements, des recherches et des pratiques*. Récupéré le 14 février 2013 de <http://www.erudit.org/revue/rse/2002/v28/n2/007353ar.pdf>.

Peraya, D. (2010). *Internet, un nouveau dispositif de médiation des savoirs et des comportements ?* TECFA, Université de Genève.

Petitgirard, J-Y., Abry, D. et Brodin, E. (2011). *Le tableau blanc interactif*. Paris : CLE International.

Région wallonne (2011). *Développer les compétences numériques en Wallonie. Propositions pour " L'école numérique de demain "*. Un nouveau plan TIC au service de l'éducation, Conclusions du groupe de réflexion mis en place dans le cadre de la Task Force Région wallonne - Communauté française - Communauté germanophone du projet Cyberclasse en vue de la poursuite de l'implantation des TIC et de leurs usages dans les écoles situées en Wallonie. Récupéré le 13 mars 2013 de http://www.ecolenumerique.be/qa/wp-content/uploads/2011/07/Rapport2011_TaskForce_EcoleNum%C3%A9rique.pdf

Rouet, J.-F. (2001). Opacité, transparence, réflexion... Des modèles cognitifs à la conception d'outils multimédias centrés sur les besoins des apprenants. Dans R. Bouchard et F. Manganot, (dir.), *Interactivités interactions et multimédia*, 5, 51-62. Lyon : ENS Editions.