

Résumé

Aperçu et axes de recherche

Les tablettes numériques et les smartphones sont des appareils faciles à manipuler et largement répandus parmi toutes les générations, l'utilisation de ces dispositifs mobiles comme instruments de mesure dans les expériences (en anglais « Mobile Devices as Experimental Tools » – MDETs) dans les cours de sciences est aujourd'hui une réalité: les capteurs intégrés les rendent des vrais instruments de laboratoire compactes et relativement peu coûteux, capables d'effectuer des mesures pour un grand nombre de phénomènes tels que la mécanique, l'électricité, l'acoustique, l'optique et la radioactivité (entre autres). Un premier avantage de l'utilisation des MDETs dans l'enseignement des sciences est la possibilité d'effectuer des mesures précises et – par rapport aux instruments de classe traditionnels – relativement sans effort, tout en permettant une interprétation en temps réel des données, et ce à l'intérieur et à l'extérieur de la salle de classe. Cela donne aux élèves la possibilité d'apprendre les sciences dans de nouveaux contextes, pouvant être perçus comme plus authentiques par rapport aux cours de sciences traditionnels (*contexte situationnel*). De plus, puisqu'il s'agit d'appareils familiers, faisant partie de la vie quotidienne des élèves, les smartphones et les tablettes sont perçus comme des instruments authentiques en soi, en constituant ainsi un *contexte matériel*. Cette double authenticité correspond au cadre théorique de l'enseignement des sciences basé sur le contexte (« Context Based Science Education »): des observations empiriques ont indiqué qu'en fournissant de la pertinence dans les cours par des contextes authentiques il est possible d'avoir un impact positif sur la motivation et l'apprentissage des élèves.

En dépit de la croyance répandue selon laquelle un effet positif sur la motivation peut entraîner des effets positifs considérables sur les résultats d'apprentissage, les méta-analyses indiquent plutôt que seulement une corrélation modérée existe entre la motivation et l'apprentissage. En outre, les preuves empiriques des effets *directs* des MDETs sur les résultats d'apprentissage ne semblent pas concluantes à l'heure actuelle. D'une part, les MDETs représentent des instruments à grand potentiel, dont les applications peuvent produire aisément et rapidement des tableaux, des schémas et bien d'autres fonctions qui, dans un cours traditionnel, doivent être produites par les élèves eux-mêmes. En conséquence, les élèves qui maîtrisent déjà ces fonctionnalités peuvent idéalement bénéficier d'une réduction de la charge cognitive étrangère au cours des expériences, résultant en une capacité d'apprentissage accrue. Cet effet a d'ailleurs déjà été observé pour l'utilisation d'autres technologies de l'information et des communications (TIC) dans le contexte l'apprentissage des sciences. Par ailleurs, d'autres études ont également indiqué des effets négatifs des TIC sur l'apprentissage, par exemple des effets distrayants entravant l'apprentissage.

Bien que de nombreuses expériences utilisant les MDETs aient été proposées au cours de la dernière décennie, il n'existe que peu d'études empiriques évaluant leurs effets en didactique. Des études récentes ont été menées au niveau secondaire II, remplaçant uniquement les

instruments de mesure par des MDETs (fournissant donc uniquement le *contexte matériel*), lors d'une seule session de laboratoire de mécanique. Des effets ont été ainsi observés

- Sur l'intérêt et la curiosité – mais pas sur l'apprentissage – pour les élèves des classes non spécialisées en physique ;
- Sur l'apprentissage de la physique – mais pas sur les variables affectives – chez les élèves des classes spécialisés en physique.

Une autre étude concernant des étudiants universitaires en physique, où des exercices d'analyse vidéo utilisant les MDETs ont été ajoutés aux exercices des séances hebdomadaires, a montré des effets positifs à la fois sur l'apprentissage du cours et sur plusieurs variables de motivation.

Objectifs et conception de l'étude

La principale différence entre cette recherche et les investigations précédentes réside dans son intégration systématique dans toute une séquence d'enseignement dans de classes ordinaires de physique, la durée de l'intervention, le niveau scolaire et le profil des élèves (non spécialisés en physique). En effet, d'une part les effets bénéfiques sur l'apprentissage peuvent être amplifiés lorsqu'ils sont mis en œuvre de manière systématique sur le long terme. D'autre part, le niveau d'intérêt plus élevé observé suite à une intervention de courte durée pourrait être dû à un effet de nouveauté, ou uniquement à l'intérêt des élèves pour les dispositifs eux-mêmes (contexte matériel), sans que cela puisse se traduire en réel intérêt pour les sujets étudiés : dans ce cas, l'effet ne serait que temporaire. Le but de cette recherche a donc été d'exploiter pleinement le potentiel des MDETs afin d'évaluer leurs effets au niveau du secondaire II sur le long terme (plusieurs mois), non seulement sur l'apprentissage de la mécanique, mais aussi des mathématiques sous-jacentes, de plus que sur la motivation, en tenant compte et en complétant les résultats précédents.

Dans cette perspective, plusieurs activités MDETs ont été conçues, de sorte qu'elles puissent convenablement remplacer les activités de laboratoire traditionnelles pendant tout un semestre pour le groupe de traitement, tout en conservant les mêmes objectifs pédagogiques et dans les mêmes délais que pour le groupe de contrôle. Cela a été possible grâce à la praticité et la versatilité des MDETs: en effet, contrairement à d'autres façons de mettre en œuvre un enseignement des sciences basé sur un contexte authentique, et au-delà des effets sur les élèves, l'utilisation de ces instruments peut facilement être intégrée dans le cours sans changements majeurs à l'environnement didactique déjà existant. Ainsi, dans le choix des activités des MDETs, la priorité a été donnée aux objectifs pédagogiques dans les délais fixés par le programme scolaire, par rapport à la seule introduction d'activités avec des situations ou des instruments perçus comme authentiques. De plus, au moins le contexte matériel a été présent pour le groupe de traitement dans toutes les activités, et le contexte situationnel a été présent lorsque les conditions le permettaient. Afin d'évaluer l'avantage réel de l'utilisation

des MDETs par rapport au même cours sans leur utilisation, les approches didactiques et la planification de l'enseignement ont été maintenues les mêmes dans le groupe de contrôle et dans le groupe de traitement. En particulier, le même contexte situationnel a été créé dans les deux groupes. Lorsque, pour des raisons pratiques, les conditions n'ont pas permis au groupe de contrôle de réaliser une expérience (ayant les mêmes objectifs d'apprentissage que le groupe de traitement) avec le même contexte situationnel que le groupe de traitement, ce même contexte situationnel a été créé sous la forme d'exercice sans prise de mesures. De plus, au final le nombre total d'expériences réalisées au cours de l'étude a été le même pour les deux groupes.

L'étude a été construite sur des comparaisons multiples entre le groupe de contrôle et le groupe de traitement (sans ou avec MDETs), sur des élèves du lycée genevois (« collège »), qui n'ont pas choisi la physique et les mathématiques comme option spécifique pour leur maturité. Au cours de l'année scolaire 2018-2019, 105 élèves ont participé à l'étude pilote, appartenant à 7 classes de 2^{ème} année, réparties entre 3 enseignants dans 2 collèges genevois. En 2019-2020, l'étude principale a été réalisée sur 8 classes encadrées par 4 enseignants de 3 collèges. Il s'agissait de trois classes de 2^{ème} année et une classe de 3^{ème} année. Pour l'étude pilote et l'étude principale, chaque enseignant avait au moins une classe appartenant au groupe de contrôle et une classe appartenant au groupe de traitement (classes parallèles). Nous remarquons que les post-tests des classes d'un des enseignants ont été effectués lors du premier confinement de la pandémie de Covid19. Les interventions ont duré à chaque fois un semestre entier. Le programme couvrait la cinématique et la dynamique de base: position, vitesse moyenne et instantanée, vitesse, accélération, mouvement rectiligne uniforme, mouvement rectiligne uniformément accéléré, les trois lois de Newton, la gravitation et la chute libre. Dans le groupe de traitement, cinq à six activités basées sur l'analyse vidéo ont remplacé les expériences traditionnelles et/ou certains exercices. Hormis cette différence, le plan de cours et le contenu d'apprentissage des travaux pratiques ont été identiques pour les deux groupes ayant les mêmes enseignants.

L'apprentissage conceptuel a été mesuré avant et après l'instruction par un questionnaire à choix multiple développé à partir de tests conceptuels existants ainsi que de quelques nouvelles questions, afin d'adapter l'instrument aux contenus spécifiques de la séquence didactique. En sus des questionnaires conceptuels, les résultats des évaluations habituelles faites par les enseignants ont été considérés. Une série de variables dépendantes affectives ont été mesurées (*intérêt, relation à la réalité, conception de soi et curiosité* par rapport au cours de physique) et, en outre, plusieurs co-variables potentiellement pertinentes ont été prises en compte (par exemple les capacités non verbales, les connaissances préalables, la familiarité avec les TIC ou la charge cognitive). Tous les tests sont basés sur des instruments précédemment publiés et ont été traduits en français et revalidés avant le début de l'étude pilote.

Sélection de résultats et implications

Le questionnaire d'apprentissage conceptuel développé, adapté au contenu d'apprentissage spécifique de l'intervention, présente des propriétés psychométriques satisfaisantes à très bonnes (difficulté des items, discrimination, cohérence interne), comparables aux autres tests conceptuels et aux normes actuelles. Il en va de même pour les instruments utilisés pour les variables affectives et les co-variables (par exemple pour l'*intérêt* pour la physique, la *conception de soi* et la *curiosité* $\alpha_C \approx 0.7 - 0.8$). Dans l'étude pilote et dans l'étude principale, un fort gain d'apprentissage global dans la compréhension conceptuelle de la mécanique a été observée à la fois dans le groupe de traitement et dans le groupe de contrôle, y compris les élèves qui ont passé le post-test pendant la première semaine de confinement dû à la pandémie de Covid19. Au total, pour la taille de l'effet pré/post (Cohen d), la plus petite valeur tourne autour de 1, indiquant un effet entre le « grand » et le « très grand ». L'effet s'est produit également dans les groupes de chaque enseignant pris séparément, montrant que l'enseignement a été efficace pour toutes les classes prises individuellement, qu'elles aient été de traitement ou de contrôle. Cependant, les résultats de l'analyse ANCOVA de l'étude principale ont confirmé ce qui ressortait également de l'étude pilote, c'est-à-dire qu'aucun effet de l'utilisation des MDETs sur l'apprentissage de la physique n'est présent: ni sur la note globale du semestre, ni sur les résultats de la compréhension conceptuelle de la mécanique (tests conceptuels). Par ailleurs, nous remarquons que les MDETs n'ont pas d'effet significatif sur la charge cognitive lors des expérimentations, indiquant qu'aucun effet distrayant de ces dispositifs ne se produit lorsque leur utilisation est suffisamment encadrée.

L'étude a également confirmé le lien existant entre l'apprentissage de la physique et des mathématiques, notamment par l'observation d'un possible effet de petite taille de l'utilisation des MDETs sur l'évolution des résultats en mathématiques. En effet, les élèves du groupe de traitement ont obtenu en moyenne une meilleure note en mathématiques que ceux du groupe de contrôle. Aussi petit soit-il, cet effet hypothétique peut s'expliquer en considérant le programme parallèle de mathématiques suivi par les élèves dans le même semestre inclut l'algèbre, les polynômes et les fonctions, dont l'apprentissage pourrait en effet être amélioré par les représentations multiples fournies par les applications d'analyse vidéo dans le cours de physique. Cette possibilité est confirmée par l'impression générale des enseignants participant à l'étude. Ainsi, au-delà du fait qu'aucun effet global n'a pu être observé au cours de cette étude, nous avons des indices qui laissent penser que l'effet de l'utilisation des MDETs dans les cours de physique sur l'apprentissage des mathématiques pourrait être étudié plus en profondeur dans le futur. Bien que la présence d'un tel effet soit hypothétique, cette relation est en ligne avec le cadre théorique indiquant un fort lien entre l'apprentissage de la physique et celui des mathématiques, et mérite d'être pris en compte dans la planification de futures recherches.

De manière similaire à ce qui a été observé pour l'apprentissage, l'enseignement était globalement équitable entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle pour ce qui concerne les variables dépendantes affectives. Les variations pré/post de *relation à la réalité*, *conception de soi*, *intérêt* et *curiosité* par rapport au cours de physique ont été similaires pour

les deux groupes, et les variations temporelles (pré/post) de ces variables affectives ont toutes été

- légèrement négatives sauf pour la *relation à la réalité* dans l'étude pilote, bien que de manière non significative ;
- toutes légèrement positives sauf image de soi dans l'étude principale. Pour la *relation à la réalité* et *l'intérêt*, cette amélioration est significative à la fois pour le groupe de traitement et le groupe de contrôle, avec un effet de petite taille (d entre 0,28 et 0,30 pour la *relation à la réalité*, et entre 0,19 et 0,23 pour *l'intérêt*).

De plus, aucune différence significative, due à l'utilisation des MDETs, concernant l'évolution des variables affectives n'a été observée. Ceci confirme que l'éventuelle première phase d'intérêt des élèves pour l'utilisation des MDETs (contexte matériel) finit par s'estomper au cours du semestre.

Au-delà des effets des MDETs en tant que tels, cette étude a reproduit certains résultats précédemment connus dans la recherche en enseignement des sciences, tels que l'influence du genre dans l'apprentissage de la physique, ainsi que l'impact important des connaissances antérieures sur la réussite.

Conclusion

En conclusion, bien que l'intervention ait été globalement aussi bonne mais pas meilleure qu'un apprentissage conventionnel assez efficace en physique, de nouvelles perspectives s'ouvrent quant à l'utilité des MDETs pour un meilleur apprentissage des mathématiques sous-jacentes à la physique. En particulier, des perspectives restent ouvertes quant à l'utilisation de ces dispositifs pour créer des situations authentiques dans l'apprentissage de la physique, par exemple lors de travaux à domicile ou dans le cadre extrascolaire.

Outre l'impact sur les élèves, l'utilisation des MDETs offre des perspectives intéressantes pour l'enseignement de la physique dans les classes de lycée pour diverses raisons. Tout d'abord, la facilité et la praticité de la préparation des expériences par les enseignants constitue un avantage certain: pour le même contenu qu'une activité classique, les activités avec les MDETs permettent une mise en œuvre plus rapide, et un gain de temps précieux pour d'autres moments pédagogiques. Les élèves ont également la possibilité de d'économiser de la charge cognitive et du temps, lors de la prise de données et lors de la production de représentations (graphiques, tableaux, régressions), à condition qu'ils soient familiarisés avec les différentes formes de représentations fournies par les applications. Le facteur le plus limitant pour une utilisation prolongée des MDETs dans les écoles reste la capacité de fournir ces appareils dans le cadre strictement scolaire et de les entretenir dans le temps, car les tablettes doivent être régulièrement mises à jour ou changées, et leur disponibilité et celle des applications nécessaires pour tous les élèves n'est pas évidente.