

# Analyse de l'utilisation de la Khan Academy sur la performance des élèves de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) dans les compétences en savoir calculer, à divers moments pédagogiques

Auteurs : Sasmaz Sultan , Kumps Audrey & De Lièvre Bruno

Université de Mons

## Résumé de l'article

### **FR:**

Apprendre les mathématiques, en particulier comment calculer les nombres décimaux, est un domaine où de nombreuses difficultés persistent dans le temps. C'est aussi la cause du manque de motivation de l'apprenant. Les études montrent une plus grande motivation et une meilleure performance avec les apprentissages en ligne comme la Khan Academy. Par conséquent, ce travail analysera la performance et la motivation des sujets de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) qui utilisent la Khan Academy en savoir calculer des nombres décimaux à des moments pédagogiques différents. Nos résultats montrent l'efficacité globale de l'outil dans ce domaine. En ce qui concerne les modalités utilisées avec la Khan Academy, nous constatons une plus importante performance dans le score des apprenants lors de la découverte ainsi que lors la différenciation. L'utilisation de la Khan Academy motive davantage les apprenants surtout lors de la différenciation et de la découverte. Sur la base de nos différentes conclusions, nous préconisons l'usage de la Khan Academy, dans les classes de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège), comme un soutien pédagogique pour l'apprenant lors de la différenciation ou comme une introduction à de nouveaux concepts lors de la découverte afin d'améliorer leur compétence et leur motivation en savoir calculer.

**Mots-clés** : Khan Academy – mathématiques – savoir calculer – moments pédagogiques - motivation

---

### **EN:**

Learning mathematics, especially how to calculate decimal numbers, is a subject where many difficulties persist over time. It is also the cause of the learner's lack of motivation. Studies show greater motivation and better performance with online learning such as Khan Academy. Therefore, this work will analyse the performance and motivation of 6<sup>th</sup> grade pupils using Khan Academy in calculating decimal numbers at different instructional times. Our results show the overall effectiveness of the tool in this area. Regarding the modalities used with Khan

Academy, we find a higher performance in the learners' score during discovery as well as during differentiation. The use of Khan Academy enhances the learners' motivation. However, they are even more motivated during differentiation and discovery. Based on our different findings, we recommend the use of Khan Academy in 6<sup>th</sup> grade classes as a pedagogical support for the learner during differentiation or as an introduction to new concepts during discovery to improve their competence and motivation in numeracy.

**Key-words:** Khan Academy – mathematics – calculation – learning moments – motivation

En 2021, 60,5 % des échecs du Certificat d'Études de base (CEB), qui sont des examens effectués lors de la fin d'année scolaire en 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) en Belgique, sont en mathématiques et seulement 51,1 % des élèves de 2<sup>e</sup> secondaire (4<sup>e</sup> collège) ont réussi l'épreuve externe certificative du 1<sup>er</sup> degré (CE1D), selon les rapports de la Fédération Wallonie-Bruxelles (2021). Les mathématiques, domaine essentiel de l'apprentissage, sont donc à l'origine de nombreuses difficultés pour certains apprenants. Les nombres décimaux, notamment, sont une source de difficultés qui subsistent durant toute leur scolarité (Vivier & Durand-Guerrier, 2016) même s'ils sont manipulés et utilisés dès l'école primaire. La compréhension de ces nombres est essentielle pour d'autres notions comme la physique et l'informatique par exemple (Gravier et al., 2022). Les apprenants ont également une vision biaisée du savoir calculer et baissent facilement les bras face à cet apprentissage (Bhouche et al., 1991, cités par Van Nieuwenhoven et al., 2019). Depuis des décennies, les enseignants tentent de changer leur approche dans cette matière afin de lutter contre les échecs scolaires, les difficultés d'apprentissage, mais également la motivation des apprenants (Guichard, 2009).

La Khan Academy est un Learning Management System (LMS) qui permet d'individualiser l'apprentissage (Morrison & DiSalvo, 2014). L'enseignant peut observer les difficultés de chaque enfant séparément ce qui aidera ceux-ci à surmonter leurs difficultés liées au savoir calculer (Lungu & Elbaz, 2011). Cependant, malgré l'inclusion du numérique au sein des classes, le taux d'enseignants de la Fédération Wallonie-Bruxelles utilisant les outils numériques en classe dans le fondamental ordinaire est de 29 % (Digital Wallonia, 2018). La plupart des enseignants utilisent les outils numériques uniquement pour préparer les cours en dehors de la salle de classe (Digital Wallonia, 2018).

La Khan Academy, choisie pour cette recherche, est reconnue comme un pionnier de la classe inversée où l'apprenant obtient ses connaissances chez lui au moyen de capsules vidéo et s'entraîne en classe avec l'aide de l'enseignant (Tran & Pham, 2020, p.531). La Khan Academy peut faciliter la tâche des enseignants, mais également des apprenants dans cette discipline. Le site utilise également la gamification pour motiver davantage les utilisateurs (Morrison & DiSalvo, 2014). Cependant, peu de recherches ont réalisé une analyse de l'utilisation de la Khan Academy dans les classes du primaire (Marple et al., 2019). Compte tenu des restrictions budgétaires dans le domaine de l'éducation et à la suite des analyses positives de l'outil dans d'autres recherches (Murphy et al., 2014), il est judicieux d'observer si cet outil gratuit est utile

pour l'apprentissage des mathématiques au niveau des opérations, dans une classe et à quel moment. Ce travail analyse deux points de vue différents de l'outil. Une partie analyse la performance des étudiants avec la plateforme et vérifie les hypothèses suivantes : la Khan Academy est un outil permettant la progression des acquis des élèves de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) en savoir calculer et l'outil est bénéfique durant toutes les séquences d'apprentissage (découverte, exercices et différenciation). L'autre partie est une analyse sur la perception des utilisateurs face à cet outil qui tente de confirmer l'hypothèse suivante : la Khan Academy est un outil motivant pour les élèves de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) lors de leur apprentissage en savoir calculer.

Par conséquent, ce travail, divisé en quatre chapitres, analyse l'influence de la Khan Academy sur les progrès des apprentissages ainsi que la motivation en savoir calculer des élèves de sixième année primaire (6<sup>e</sup> collège). Le sujet de leçon utilisé est l'addition avec des nombres décimaux. Le premier chapitre est théorique et contient diverses notions essentielles à notre recherche. L'approche méthodologique décrit ensuite diverses questions de recherche, les variables à considérer, les échantillons sélectionnés, le dispositif expérimental et les divers instruments de mesure. Le chapitre 3, intitulé « Traitement des données », présente et décrit les résultats obtenus. Pour finir, la conclusion présentera les conclusions, les limites expérimentales et les perspectives possibles à ce travail.

En 2021, la Fédération Wallonie-Bruxelles (FW-B, 2021) a enregistré 60,5 % d'échecs en mathématiques lors du Certificat d'études de base (CEB) en 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège). Nous pouvons donc conclure que de nombreux enfants ont des difficultés à apprendre les mathématiques. L'accumulation de difficultés dans ce domaine peut à terme avoir un impact négatif et fragiliser les compétences des élèves (Gravier et al., 2022). Les difficultés en arithmétique sont aussi nombreuses que les troubles de la lecture, mais elles sont rarement isolées et souvent associées à des difficultés en lecture. Il est difficile de suivre le rythme pour les apprenants, ils n'ont pas encore les structures logiques nécessaires pour construire des nombres. La plupart des difficultés que nous rencontrons en mathématiques portent sur les nombres, les opérations et la résolution de problèmes (Van Nieuwenhoven et al., 2019). Une vision biaisée des mathématiques a toujours existé, la population donne une conception élitiste aux personnes qui réussissent dans ce domaine, et perçoivent cette compétence comme un don. Les cours de mathématiques développent alors des réactions négatives associées à l'apprentissage de cette matière que les élèves trouvent ennuyeuse. Ils se désintéressent alors du cours (Pallascio & Lafortune, 2000).

Au fil du temps, les notions mathématiques sont de plus en plus abstraites et se complexifient. Les nombres décimaux en particulier leur causent beaucoup de problèmes (Mastrot, 2019).

Les nombres décimaux sont une matière pourtant abordée à la fin de l'enseignement primaire. L'acquisition des compétences de base avec les nombres décimaux est nécessaire en primaire pour l'apprentissage en secondaire, mais également pour la vie quotidienne de l'apprenant (Randriantsaralaza, 2019). Les apprenants éprouvent plus de difficultés pour les calculs des nombres décimaux, car ils ont une conception erronée des nombres décimaux, un manque de compréhension des règles et un manque de compréhension de la technique (Mastrot, 2019). Selon Bourdenet et Strasbourg (2007), le calcul mental est moins accessible et évident pour les élèves. Pour améliorer cette compétence et comprendre le sens des opérations en identifiant et effectuant des opérations dans des situations variées, une pratique constante du calcul mental est nécessaire (Butlen & Pezard, 2000 ; Randriantsaralaza, 2019).

Au fil des siècles, de nombreuses méthodes ont vu le jour afin d'aider les apprenants à améliorer cette compétence, mais également de nombreux outils comme le boulier, les jetons, les réglettes Cuisenaire ou encore la calculatrice (Trouche, 2005).

La seule motivation dans ces méthodes pédagogiques est de trouver le calcul et la bonne réponse (Proulx et al., 2017). Pourtant, selon Lafortune et Fennema (2003), la motivation a un grand impact sur l'apprentissage en savoir calculer. Il faut impérativement trouver un processus d'apprentissage qui permettra une plus grande motivation de la part des apprenants lors de l'acquisition de cette compétence.

## 2. Scénario pédagogique

Le scénario pédagogique, défini par Brassard et Daele (2003), est « *le résultat du processus de conception d'une activité d'apprentissage* » (p.438), un déroulement réalisé durant un temps précis et aboutissant à la réalisation du scénario d'apprentissage.

Cette démarche indispensable consiste à rédiger l'aménagement de contenus de formation, la réalisation des activités ainsi que l'agencement du parcours d'apprentissage afin d'atteindre un objectif pédagogique. Que le cours utilise ou non les TIC, il est important que le créateur du cours détermine les tâches qu'il va proposer à l'apprenant (Strijbos, 2004). Par conséquent, afin d'entamer un développement pédagogique, il faut donc dans un premier temps s'interroger sur le but de l'apprentissage (Bilodeau et al., 1999).

En général, une séquence d'apprentissage se compose d'une séance de découverte ou de réactivation (Masciotra, 2007). Elle est suivie d'une ou plusieurs séances d'appropriation, d'entraînement, de réinvestissement ou encore d'évaluation. La séance d'exercices ou évaluation formative se vit à tous les moments du processus d'apprentissage et confère un rôle actif à l'élève qui pourra ainsi réguler son apprentissage durant cette phase (Deaudelin et al., 2007). L'évaluation peut être formative dans n'importe quelle séance, pour être suivie d'une phase de réinvestissement ou de différenciation. Cette séance permet d'augmenter et d'approfondir les performances des apprenants sans pour autant les ennuyer. Les notions faiblement acquises sont consolidées et la programmation est personnalisée afin de disposer les élèves par groupe de besoins (Bolon, 2002).

Pour notre expérience, notre séquence pédagogique sera constituée de trois séances pédagogiques : la découverte, les exercices et la différenciation. Le prétest et le post-test seront réalisés en dehors de ces séquences pédagogiques.

Mais toutes les situations sont-elles susceptibles de générer de l'apprentissage en mathématiques avec l'outil choisi : la Khan Academy ?

### 3. Le Learning Management System (LMS)

Actuellement, le numérique tient une place quotidienne dans la vie des apprenants. L'utilisation du numérique a modifié considérablement les méthodes d'enseignement et d'apprentissage et leur utilisation est désormais inévitable (Cavus & Alhih, 2014).

De nombreuses études (Amadiou & Tricot, 2014) ont constaté que les logiciels en ligne motivent davantage les élèves lors des activités qu'ils jugeaient contraignantes auparavant. Les élèves peuvent également, grâce aux apprentissages en ligne, progresser à leur rythme et bénéficier d'un enseignement individualisé (Morrison & DiSalvo, 2014).

Les Learning Management System (LMS) permettent un apprentissage où les apprenants sont actifs de leur connaissance (Psycharis, 2011). L'enseignant dispose d'un matériel pédagogique où il peut suivre les apprenants en créant sa classe, mais également les évaluer (Watson & Watson, 2007).

Au fil des années, les LMS sont traités comme des applications indispensables à l'enseignement et à l'apprentissage. Cependant, il existe peu de recherches et de connaissances sur la manière ou même la capacité de ces interfaces à améliorer l'apprentissage des apprenants (Salaway et al., 2008, cités par Cavus & Alhih, 2014). L'objectif de ce travail est donc de savoir à quel moment l'utilisation d'un LMS sera bénéfique pour l'apprentissage des mathématiques avec des élèves en 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège).

### 4. La Khan Academy

Selon le site de la Khan Academy : « *La Khan Academy est une organisation à but non lucratif ayant pour mission de fournir un enseignement gratuit et de qualité, pour tout le monde, partout* » (s.d.). Cette plateforme, fondée en 2008 par Salman Khan, est accessible à toutes les personnes ayant accès à Internet et elle est disponible dans plus de 40 langues différentes. Le site propose plus de 6000 vidéos pédagogiques en ligne dans diverses disciplines telles que les mathématiques, les sciences, mais aussi la programmation informatique.

La Khan Academy permet un apprentissage individuel et personnalisé où chaque élève s'exerce à son propre rythme. Les cours sont réalisées par des professionnels et mettent à disposition des exercices en lien avec les matières proposées (Vidergor & Ben-Amram, 2020). L'enseignant peut créer une classe et suivre le progrès de ses élèves qui y seront inscrits (figure 1). Il peut également identifier les faiblesses de ses élèves et ainsi ajuster et personnaliser l'apprentissage

de chacun d'entre eux en fonction de leur besoin. Il peut alors fournir des tâches supplémentaires et aider l'apprenant de manière individuelle (Morrison & DiSalvo, 2014). Le site est également connu comme le facilitateur de la classe inversée où l'apprenant découvre les nouvelles notions à la maison (Tran & Pham, 2020).

**Figure 1 :**

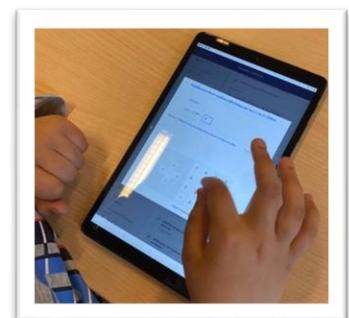
*Tableau de bord de l'enseignant : score des devoirs*

✎ Additionner des nombres décimaux à l'aide de schémas déc. 7	✎ Additionner deux nombres décimaux à 1 chiffre après la virgule déc. 7	✎ Additionner un entier et un décimal à 1 chiffre après la virgule déc. 7	✎ Additionner deux nombres décimaux à 1 chiffre après la virgule déc. 7	✎ Additionner deux nombres décimaux à 2 chiffres après la virgule déc. 7	✎ Faire des additions du type $5.53+6.1$ déc. 7	✎ Additionner deux nombres décimaux qui ont 1 ou 2 chiffres après la virgule déc. 7	✎ Valeur approchée de la somme de deux nombres décimaux déc. 7
100	100	100	100	100	100	50	86
57	100	75	50	75	50	75	100
86	75	75	100	75	75	75	71
100	100	100	100	100	100	100	100
86	100	100	100	100	100	100	86
100	100	100	100	100	100	100	100
71	100	75	100	75	100	25	71
100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100



La majorité des leçons proposées en mathématiques par la Khan Academy se compose dans un premier temps d'une vidéo explicative du sujet que l'apprenant devra visionner.

Elle est suivie d'une auto-évaluation sous la forme d'un choix multiple ou d'une réponse courte.

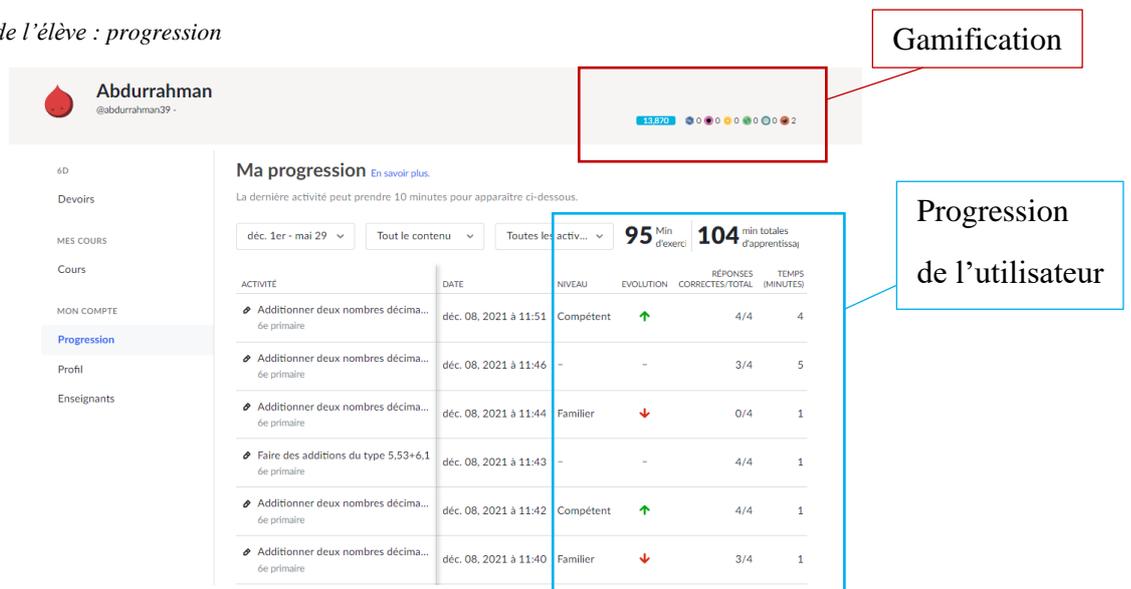


La Khan Academy intègre également le concept de gamification afin de renforcer la motivation des apprenants (Morrison & DiSalvo, 2014). La gamification est le terme utilisé pour indiquer l'intégration d'éléments de jeu dans un contexte non ludique comme l'octroi de points ou de badges dans des situations d'apprentissage (Deterding et al., 2011). Ils représentent des réalisations de différents niveaux et apparaissent dans le profil de l'utilisateur (Khan Academy, s.d.).

Les objectifs à atteindre peuvent être le gain des badges, mais ils peuvent également être fournis par l'enseignant ou sélectionnés par l'utilisateur. Pour montrer la progression de l'utilisateur, la plateforme fournit différents indicateurs comme le niveau, l'évolution, les réponses ainsi que le temps utilisé pour chaque compétence (figure 2).

**Figure 2 :**

*Tableau de bord de l'élève : progression*



Une plus grande motivation de la part de l'apprenant est perçue lorsque l'objectif proximal et l'effort à réaliser pour atteindre celui-ci sont indiqués, selon Bandura et Schunk (1981). La Khan Academy spécifie certains objectifs, mais d'autres sont fortement généralisés (Murphy et al., 2014). Le site indique également le nombre de questions ainsi que le temps imparti pour les quizz (Khan Academy, s.d.). Ces objectifs, associés à des feedbacks ou à des auto-évaluations, permettent une évolution croissante et favorisent l'estime de soi, les performances et stimulent l'attention de l'apprenant (Galand & Vanlede, 2004).

Les utilisateurs interagissent avec la Khan Academy de différentes manières (Yassine et al., 2021). La Khan Academy, en classe, est souvent utilisée par les enseignants comme un moyen d'exercer les apprenants, les vidéos et les leçons entières ne sont pas obligatoirement vues

(Marple et al., 2019). Les enseignants pensent également que cette plateforme est utile pour renforcer l'enseignement traditionnel en classe (Leon & Koosed, 2018). En effet, les enseignants utilisent davantage la plateforme comme un soutien scolaire qui complète l'enseignement en offrant des exercices supplémentaires en classe pour les élèves et du dépassement pour les élèves les plus forts pendant qu'ils s'occupent de plus petits groupes d'élèves. En effet, 90 % des enseignants déclarent que cet outil a augmenté leur capacité d'offrir aux élèves des possibilités différentes de formation et d'apprentissage à la suite de leur leçon (Murphy et al., 2014). Comme le montrent diverses études (Murphy et al., 2014 ; Leon & Koosed, 2018 ; Marple et al., 2019), la Khan Academy peut être utilisée à différents moments de la séquence pédagogique. Il semble donc intéressant d'observer le moment pédagogique où les apprenants progressent davantage. Ce travail tentera de répondre à cette question dans les chapitres suivants.

## Chapitre 2 : Méthodologie

### 1. Les variables et les questions de recherche

Pour rappel, ce travail vise à analyser l'utilisation de la plateforme Khan Academy en classe sur les performances ainsi que la motivation en savoir calculer avec les nombres décimaux à des élèves de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège).

#### 1) Variables indépendantes

Le dispositif contient trois variables indépendantes : une invoquée et deux provoquées. La variable indépendante invoquée met en avant le niveau de maîtrise initiale des sujets à additionner des nombres décimaux. En effet, les groupes sont constitués en fonction des résultats qu'ils ont obtenus lors du prétest afin d'obtenir des groupes homogènes pour notre expérience. Ces groupes utiliseront l'outil à différents moments pédagogiques.

La deuxième variable indépendante est provoquée et consiste à l'utilisation de la Khan Academy lors de notre dispositif pédagogique. L'évolution du niveau de maîtrise initiale pour les sujets qui utilisent l'outil est comparée à leur progression lors du second test afin de vérifier l'effet de l'outil sur la performance globale des acquis.

La troisième variable indépendante est également provoquée et consiste à l'utilisation de la Khan Academy à des moments variés du scénario pédagogique : lors de la découverte, lors de la séquence d'exercices, lors de la différenciation, lors de tout le scénario pédagogique ou à

aucun moment du scénario pédagogique. L'évolution du niveau de maîtrise initiale en savoir calculer dans chaque groupe est comparée à leur progression lors du second test afin de vérifier l'effet de notre dispositif sur chaque groupe et ainsi observer leur progression selon la modalité utilisée de l'outil.

### 2) Variable dépendante : les résultats du prétest

Lors des analyses, afin de vérifier l'homogénéité des cinq groupes, les scores individuels du prétest permettront à l'aide d'une analyse de la variance (ANOVA) de vérifier si les cinq groupes ont un indice statistique équivalent.

Questions de recherche se rapportant à cette variable :

A. *Les cinq groupes sont-ils statistiquement homogènes quant à leur résultat au prétest ?*

### 3) Variable dépendante : la progression globale des acquis

Lors des analyses afin de vérifier la progression globale des acquis, nous prenons en considération les scores individuels du prétest et du post-test. Nous calculons pour cela le gain relatif ou la perte relative.

Questions de recherche se rapportant à cette variable :

- B.
1. *L'utilisation de la Khan Academy permet-elle significativement aux élèves de progresser au score global sur la compétence en savoir calculer : identifier et effectuer des opérations dans des situations variées ?*
  2. *L'utilisation de la Khan Academy permet-elle significativement aux élèves de progresser au score global dans les différents niveaux taxonomiques des items présents ?*

### 4) Variable dépendante : la progression des acquis selon la modalité utilisée avec l'outil

Lors des analyses, afin de vérifier la progression des acquis selon le moment pédagogique utilisé avec l'outil, nous prenons en considération les scores des groupes du prétest et du post-test. Nous calculons pour cela le gain relatif/perte relative.

Questions de recherche se rapportant à cette variable :

- C.
1. Existe-t-il une différence significative entre la progression des élèves lorsque l'on fait varier le moment pédagogique de l'utilisation de la Khan Academy ?
  2. À quel moment pédagogique, l'utilisation de la Khan Academy permet-elle une meilleure progression significative dans les différents niveaux taxonomiques des items présents ?

#### 5) Variable dépendante : la perception des élèves au sujet de l'outil utilisé

Afin de vérifier les liens qui peuvent exister entre la perception et les résultats des élèves, nous utiliserons des émoticônes qui représentent une cotation dans un questionnaire de perception. Des questions à choix uniques permettront d'analyser pour quelles raisons les élèves ont apprécié ou non le dispositif proposé.

Questions de recherche se rapportant à cette variable :

- D.
1. L'utilisation de la Khan Academy entraîne-t-elle une plus grande motivation significative de la part des élèves lors de l'apprentissage des mathématiques de manière globale ?
  2. À quel moment pédagogique, l'utilisation de la Khan Academy permet-elle une plus grande motivation significative de la part des élèves ?

## 2. Échantillon



Pour réaliser cette recherche quantitative, un dispositif pédagogique sur l'addition des nombres décimaux est réalisé auprès d'un échantillon occasionnel, de cinq groupes différents. La compétence en savoir calculer travaillée lors des tests et du dispositif est la suivante : identifier et effectuer des opérations dans des situations variées. Ils proviennent de 3 classes de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège) d'une commune se situant dans le Hainaut. Afin de pouvoir disposer du matériel de manière individuelle pour chaque sujet, deux classes ont été divisées en deux groupes de 10 élèves et une troisième classe constituée de 12 élèves a été le groupe témoin. Au total, notre échantillon se compose donc de 52 participants. Les 52 participants ont été divisés en cinq

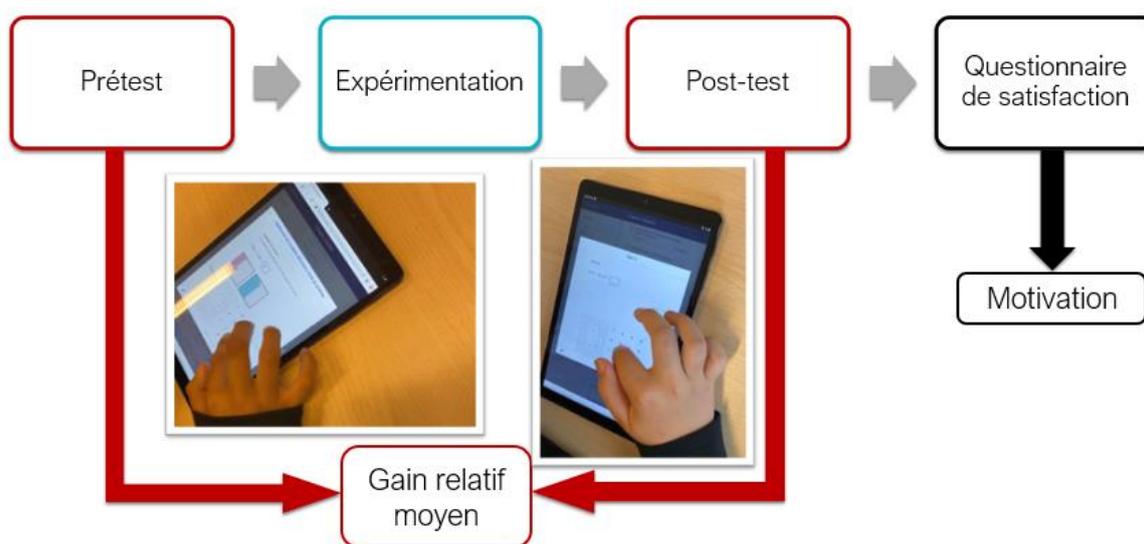
groupes homogènes quant à leur résultat au prétest afin de représenter l'expérience selon cinq modalités différentes décrites dans le tableau 1.

**Tableau 1 :**

*Organisation des groupes*

Groupe	Expérimentation	Nombres d'élèves
1	Utilisation de la Khan Academy uniquement lors de la découverte	10
2	Utilisation de la Khan Academy uniquement lors de la séquence d'exercices	10
3	Utilisation de la Khan Academy uniquement lors de la séquence de remédiation et de dépassement.	10
4	Utilisation de la Khan Academy pour toute la séquence et l'apprentissage de la leçon.	10
5	Aucun outil supplémentaire n'est utilisé lors du dispositif pédagogique	12

### 3. Dispositif expérimental



Afin de mesurer l'impact du dispositif pédagogique adopté sur la performance des apprenants en savoir calculer à des moments pédagogiques différents, notre étude sera un plan d'observations pré et post expérimentales avec un groupe contrôle qui réalisera la leçon avec une méthode traditionnelle, sans l'outil tout au long de l'apprentissage.

Tous les sujets sont soumis au préalable à un prétest (cf. annexe 1.1) identique. Cela permet d'évaluer les performances de chaque apprenant individuellement selon les performances relatives à la leçon des additions de nombres décimaux. Ces résultats permettront la constitution des groupes homogènes pour chaque modalité d'apprentissage afin de valider notre expérience.

Ensuite, le traitement expérimental (X), c'est-à-dire la leçon sur le sujet des additions de nombres décimaux, avec ou sans la Khan Academy est présenté aux différents groupes. Une mise en situation (cf. annexe 1.2), des exercices (cf. annexe 1.3) ainsi que de la remédiation et du dépassement (cf. annexe 1.4) sont prévus et identiques pour les différents groupes qui vont utiliser une méthode traditionnelle. De plus, chaque groupe disposera uniquement du dispositif numérique correspondant au moment pédagogique prévu. La leçon proposée par le site sera partagée à cet effet (cf. annexe 2). Le **Groupe 4** utilisera exclusivement la Khan Academy lors de cet apprentissage.

Après le traitement, un post-test (cf. annexe 1.5), similaire au prétest, est distribué à tous les élèves afin de mesurer l'effet des variables indépendantes sur l'apprentissage. Le tableau ci-dessous présente le plan expérimental choisi pour notre recherche où X désigne le traitement appliqué à un groupe et O désigne l'observation réalisée sur un groupe. Ce plan expérimental (figure 3) sera réalisé sur chaque groupe. Finalement, un questionnaire sur la motivation (cf. annexe 1.6) sera distribué aux sujets qui ont utilisé la Khan Academy, c'est-à-dire les sujets des groupes 1, 2, 3 et 4 afin d'analyser la motivation selon la modalité utilisée avec l'outil.

**Figure 3 :**

*Plan expérimental*

Plan à observations pré et post expérimentales avec un groupe contrôle	
<b>O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub> O<sub>11</sub></b> <b>O<sub>3</sub> X O<sub>4</sub> O<sub>12</sub></b> <b>O<sub>5</sub> X O<sub>6</sub> O<sub>13</sub></b> <b>O<sub>7</sub> X O<sub>8</sub> O<sub>14</sub></b> <b>O<sub>9</sub> X O<sub>10</sub></b>	
Légende :	
Prétest – Post-test (performance)	
O <sub>1</sub> : <b>Groupe 1</b> (prétest) – découverte avec l'outil	O <sub>6</sub> : <b>Groupe 3</b> (post-test) - différenciation avec l'outil
O <sub>2</sub> : <b>Groupe 1</b> (post-test) – découverte avec l'outil	O <sub>7</sub> : <b>Groupe 4</b> (prétest) – leçon complète avec l'outil
O <sub>3</sub> : <b>Groupe 2</b> (prétest) - exercices avec l'outil	O <sub>8</sub> : <b>Groupe 4</b> (post-test) – leçon complète avec l'outil
O <sub>4</sub> : <b>Groupe 2</b> (post-test) - exercices avec l'outil	O <sub>9</sub> : <b>Groupe 5</b> (prétest) – pas d'outil
O <sub>5</sub> : <b>Groupe 3</b> (prétest) – différenciation avec l'outil	O <sub>10</sub> : <b>Groupe 5</b> (post-test) - pas d'outil
Test de perception sur la motivation de l'outil	
O <sub>11</sub> : <b>Groupe 1</b> – découverte avec l'outil	O <sub>13</sub> : <b>Groupe 3</b> - différenciation avec l'outil
O <sub>12</sub> : <b>Groupe 2</b> - exercices avec l'outil	O <sub>14</sub> : <b>Groupe 4</b> – leçon complète avec l'outil

## 4. Instruments de mesure

Afin de répondre aux différentes problématiques citées précédemment, divers outils ont été développés et utilisés.

### 1) Le prétest et le post-test

Pour évaluer le niveau de maîtrise, la progression ainsi que l'équité des groupes, des prétests et des post-tests ont été effectués.

Afin d'éviter l'effet prétest et d'assurer la fiabilité des tests, les deux tests sont des épreuves similaires quant aux choix des items proposés (Huet, 2019a). Les épreuves seront construites selon la taxonomie de Tirtiaux (1972, cité par Temperman et al., 2014) qui se forme autour de sept niveaux ordonnés (reproduire, reconnaître, ajuster, appliquer, achever l'initiative, imiter et inventer) allant des tâches les plus simples au plus complexes. L'élève est guidé dans cette progression afin de passer d'une pensée convergente (problème fermé) à une pensée divergente (problème ouvert) (Temperman et al., 2014). Les tests comprendront des items bien distincts des différents niveaux de cette taxonomie dans l'ordre, excepté l'item reproduire.

Certaines questions proviennent d'anciennes épreuves du Certificat d'études de base (CEB). Pour faciliter les comparaisons, les tests passés lors du prétest et du posttest ont la même pondération pour chacun de ces niveaux taxonomiques et sont donc chacun sur un total de 35 (tableau 2).

**Tableau 2 :**

*Répartition des niveaux taxonomiques et des numéros des questions, ainsi que la pondération des tests*

<b>Compétence : Identifier et effectuer des opérations dans des situations variées.</b>		
<b>Niveau taxonomique</b>	<b>Questions</b>	<b>Pondération</b>
Reconnaître	1	/5
Ajuster	2	/9
	3	
Appliquer	4	/14
	5	
	6	
Achever l'initiative	7	/3
Imiter	8	/2
Inventer	9	/2

## 2) Questionnaire sur la motivation

Dans le but d'analyser la motivation des élèves par rapport à leur expérience d'apprentissage, l'élaboration d'une variante de l'échelle de Likert (1932, cité par Huet, 2019b) a été créée. Afin d'exprimer leur degré d'accord ou de désaccord selon les items proposés, ils ont dû se positionner dans le tableau selon des émoticônes représentant chacun une réaction différente du sujet (tableau 3). Les résultats de cette mesure varient entre 0 et 3.

Un questionnaire papier de perception utilisant des émoticônes a été distribué aux élèves pour faciliter la tâche et la compréhension des élèves.

**Tableau 3 :**

*Échelle de Likert*

<b>Émoticônes</b>				
<b>Échelle de Likert</b>	Pas d'accord	Pas tout à fait d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord

### 1. Analyse des performances

#### 1) Analyse du niveau initial de l'échantillon

**A. *Les cinq groupes sont-ils statistiquement homogènes quant à leur résultat au prétest ?***

La comparaison des scores obtenus dans chaque groupe lors du prétest permet d'assurer l'équivalence de ces cinq groupes ce qui est une condition primordiale à la validité de notre expérimentation (Demeuse & Strauven, 2006). Une analyse de variance (ANOVA) permet de dire que les sujets choisis ont des résultats similaires lors du prétest la *p-value* (probabilité pour un modèle statistique donné sous l'hypothèse nulle d'obtenir une valeur au moins aussi extrême que celle observée) est de .650. Nous pouvons donc réaliser nos analyses sur ces groupes afin de confirmer ou infirmer nos hypothèses sans craindre une hétérogénéité des groupes choisis.

#### 2) Analyse des performances de l'échantillon avec l'outil

Pour la première question, la qualité des apprentissages de l'échantillon à l'aide du dispositif proposé peut être mesurée grâce aux gains relatifs calculés entre le prétest et le post-test du score global des groupes qui ont utilisé la Khan Academy. Pour la deuxième question, la qualité des apprentissages de l'échantillon dans les différents niveaux taxonomiques de Tirtiaux à l'aide du dispositif proposé peut être mesurée grâce aux gains relatifs calculés entre le prétest et le post-test des groupes qui ont utilisé la Khan Academy. Nous reprenons pour ces questions uniquement les résultats du **Groupe 1** (utilisation de l'outil uniquement durant la découverte), du **Groupe 2** (utilisation de l'outil uniquement durant les exercices), du **Groupe 3** (utilisation de l'outil uniquement durant la différenciation) et du **Groupe 4** (utilisation de l'outil durant tout l'apprentissage).

**B. 1) *L'utilisation de la Khan Academy permet-elle significativement aux élèves de progresser au score global sur la compétence en savoir calculer : identifier et effectuer des opérations dans des situations variées ?***

**Tableau 4 :**

*Analyse inférentielle - influence du dispositif sur la progression de l'échantillon selon le score global*

	<b>t</b>	<b>L</b>	<b>p</b>
<b>Test t : Prétest – Post-test (gains relatifs)</b>	-3.877	39	< .001

Les analyses (tableau 4) montrent que les différences observées, relatives aux moyennes du score global diffèrent statistiquement ( $p < .05$ ). Nous pouvons conclure que la Khan Academy permet une progression dans les résultats selon le score global.

***B. 2) L'utilisation de la Khan Academy permet-elle significativement aux élèves de progresser au score global dans les différents niveaux taxonomiques des items présents ?***

**Tableau 5 :**

*Analyse inférentielle sur les moyennes globales par niveau taxonomique*

<b>Test t : Prétest – Post-test pour chaque niveau taxonomique</b>	<b>t</b>	<b>L</b>	<b>p</b>
<b>Reconnaître</b>	-2.551	39	0.015
<b>Ajuster</b>	-1.704	39	0.096
<b>Appliquer</b>	1.159	39	0.254
<b>Achever l'initiative</b>	-4.259	39	< .001
<b>Imiter</b>	0	39	1.000
<b>Inventer</b>	-3.818	39	< .001

La p-value du niveau taxonomique « *achever l'initiative* », « *inventer* » et « *reconnaître* » est inférieure à .05. Les élèves ont donc progressé de manière significative pour ces trois niveaux, avec une plus forte progression pour le niveau « *achever l'initiative* ».

### 3) Analyse des performances de l'échantillon de l'outil selon le moment pédagogique

Les moyennes du pré- et du post-test ainsi que les gains relatifs moyens obtenus par les différents groupes expérimentaux et par le groupe contrôle sont comparés afin de mesurer l'impact de notre dispositif pédagogique à des moments pédagogiques différents. Premièrement, une analyse approfondie des groupes est réalisée individuellement, par la suite, nous comparerons leurs résultats.

Ensuite, nous observerons les résultats selon le niveau taxonomique des items proposés afin d'observer à quel niveau taxonomique la Khan Academy permet une meilleure progression dans les différents groupes pour finalement comparer de nouveau les résultats des groupes.

***C. 1) Existe-t-il une différence significative entre la progression des élèves lorsque l'on fait varier le moment pédagogique de l'utilisation de la Khan Academy ?***

**Tableau 6 :**

*Analyse inférentielle sur les moyennes globales par groupe*

<b>Test t : Prétest – Post-test pour chaque groupe</b>	<b>t</b>	<b>L</b>	<b>p</b>
<b>Groupe 1</b>	-2.838	9	0.019
<b>Groupe 2</b>	-1.577	9	0.149
<b>Groupe 3</b>	-2.756	9	0.022
<b>Groupe 4</b>	-0.796	9	0.446
<b>Groupe 5</b>	-1.138	11	0.279

Le tableau 6 nous montre qu'il existe une différence significative entre la progression des élèves du **Groupe 1** (découverte) et du **Groupe 3** (différenciation). En revanche, il n'existe pas une différence significative à la progression des groupes qui ont utilisé la Khan Academy uniquement lors de la séance d'exercices, lors de toute la séquence pédagogique et sans l'utilisation de l'outil numérique.

Lors des comparaisons des gains relatifs des groupes indépendants, l'analyse de variance des groupes indépendants met en évidence que la modalité utilisée pour l'apprentissage du savoir calculer sur la progression des élèves n'est pas significative ( $p = .539$ ). Nos groupes sont donc toujours homogènes.

***C. 2) À quel moment pédagogique, l'utilisation de la Khan Academy permet-elle une meilleure progression significative dans les différents niveaux taxonomiques des items présents ?***

L'observation des groupes individuellement permettent de conclure, à l'aide de tests T de Student pour échantillons appariés, que le **Groupe 3** (différenciation) a progressé de manière significative pour les niveaux taxonomiques « reconnaître » ( $p = .037$ ). Pour le niveau taxonomique « inventer », les élèves du **Groupe 1** ( $p = 0.008$ ) et du **Groupe 3** ( $p = .038$ ) ont progressé de manière significative. Nous observons également une progression significative des élèves du **Groupe 2** dans le niveau taxonomique « achever l'initiative » ( $p = 0.013$ ).

L'analyse de variance des groupes indépendants met en évidence que la modalité utilisée pour l'apprentissage du savoir calculer sur la progression des élèves pour tous les niveaux

taxonomiques n'est pas significative. En effet, les p-value sont toutes supérieures à .05. Nos groupes sont donc homogènes. On peut donc conclure que la modalité utilisée par les différents groupes n'influence pas le résultat des sujets selon le niveau taxonomique si on compare les résultats de tous les groupes.

## 2. Analyse des perceptions

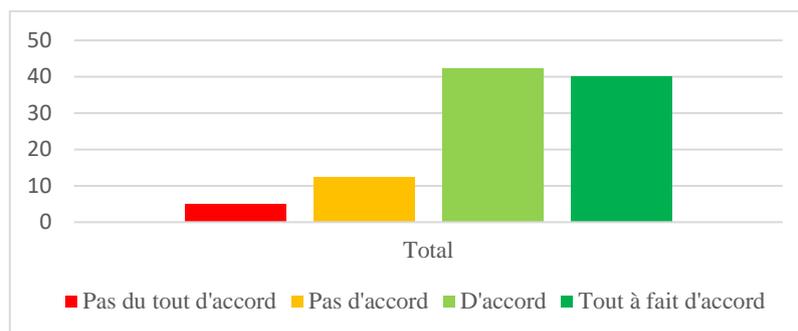
### ***D. 1) L'utilisation de la Khan Academy entraîne-t-elle une plus grande motivation de la part des élèves lors de l'apprentissage des mathématiques de manière globale ?***

Ces informations ont été récoltées via un questionnaire composé d'échelles de Likert sous la forme de quatre émoticônes faisant respectivement référence à « pas du tout d'accord », « pas d'accord », « d'accord » et « tout à fait d'accord ».

Seuls les résultats du questionnaire de perception des sujets des groupes qui ont utilisé la Khan Academy, c'est-à-dire le groupe 1, 2, 3 et 4, sont pris en compte.

**Figure 4 :**

*Histogramme de la somme des résultats obtenus des groupes sur la motivation de manière globale*

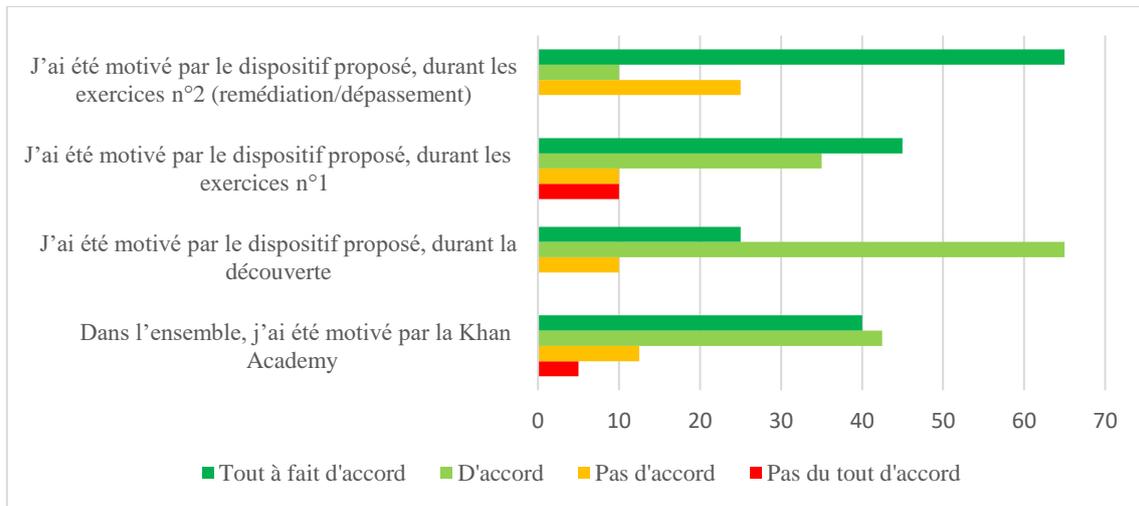


De manière globale, 40 % des élèves sont tout à fait d'accord et 42,5 % sont d'accord pour l'item : « Dans l'ensemble, j'ai été motivé par la Khan Academy » du questionnaire de satisfaction soumis aux élèves. On peut donc conclure qu'une majorité des élèves sont motivés par la Khan Academy. Une minorité (5 %) n'a pas du tout été motivée par l'outil, car ils ont répondu avec l'échelle « pas du tout d'accord ».

***D. 2) À quel moment pédagogique, l'utilisation de la Khan Academy permet-elle une plus grande motivation significative de la part des élèves ?***

**Figure 5 :**

*Histogramme global de tous les items reçus sur la motivation*



La figure 4 représente la somme des réponses reçues dans les quatre items concernant la motivation des groupes qui ont utilisé la Khan Academy lors des différents moments pédagogiques. Cette figure démontre encore une fois que les sujets sont motivés de manière générale par l'outil. On observe aussi que la Khan Academy procure plus de motivation lors de la différenciation, mais également lors de découverte. Une plus faible motivation est constatée lors des exercices.

Ce dernier chapitre résume toutes les informations recueillies au cours de notre recherche. Les principaux résultats sont présentés dans un premier temps et une analyse réflexive, abordant les limites de notre recherche et les perspectives possibles pour de recherches futures, est proposée.

- **Synthèse**

En 2021, l'apprentissage des mathématiques est toujours contraignant et source d'échecs pour des apprenants. Selon Randriantsaralaza (2019), ces connaissances arithmétiques sont indispensables à la vie de tous les jours, mais ce sont également des concepts essentiels pour l'apprentissage d'autres notions mathématiques. Toutefois, les méthodes d'apprentissage des nombres n'encouragent et ne motivent pas les apprenants. Or, la motivation a un impact très important sur l'apprentissage des mathématiques (Lafortune & Fennema, 2003).

Pour innover en ce sens, nous avons organisé, testé et évalué la Khan Academy, un dispositif pédagogique numérique, à différents moments pédagogiques. Selon Murphy et al. (2014), la Khan Academy augmente les résultats et réduit l'anxiété liée aux mathématiques. Le LMS a été choisi pour lutter contre les difficultés des apprenants en savoir calculer et renforcer leur motivation dans cette discipline (Ruthven & Henessy, 2002 ; Cazes et al., 2004, cités par Hersant & Vandebrouck, 2006).

Par conséquent, le premier objectif de notre étude a donc été d'améliorer les performances globales des acquis des élèves de sixième année en calcul : identifier et effectuer des opérations dans des situations variées, ainsi que dans les différents niveaux taxonomiques, en utilisant la Khan Academy. En effet, la Khan Academy permet une progression globale selon les résultats ainsi que les trois niveaux taxonomiques : « *achever l'initiative* », « *inventer* » et « *reconnaître* ». Cependant, d'autres niveaux n'ont pas évolué, comme « *appliquer* ». On peut supposer que la Khan Academy ne permet pas de progresser dans ce niveau, car les exercices ne sont pas nombreux, ils sont similaires et les consignes sont souvent les mêmes. Tannery (1940, cité par Randriantsaralaza, 2019) précise qu'une répétition des calculs permettra d'aboutir à la compréhension sur le sens des opérations et ainsi identifier et effectuer des opérations dans des situations variées.

La Khan Academy permet donc de progresser, mais à quel moment ce progrès est-il le plus avantageux ?

La Khan Academy, en classe, est souvent utilisée par les enseignants comme un soutien scolaire supplémentaire (Marple et al., 2019) et permet d'individualiser l'enseignement (Vidergor &

Ben-Amram, 2020). En effet, son utilisation peut contribuer à faciliter la tâche des apprenants, mais également des enseignants surtout pour les mathématiques (Morrison & DiSalvo, 2014). Cependant, peu de recherches et de connaissances sur le moment ou la manière d'utilisation de ces interfaces existent (Salaway et al., 2008, cités par Cavus & Alhih, 2014). Pour répondre à cela, nous avons donc analysé et comparé les performances des acquis et la progression selon les niveaux taxonomiques de Tirtiaux des cinq groupes (52 élèves) qui ont été créés afin de représenter les cinq modalités pédagogiques d'utilisation de l'outil différentes : lors de la découverte, lors de l'évaluation formative, lors de la différenciation, pendant toutes les séquences pédagogiques et à aucun moment pédagogique.

Lors de la comparaison de différentes modalités, il n'y a pas de différence significative entre les groupes, ils restent homogènes. L'analyse des groupes individuellement permet cependant de noter que les sujets utilisant la Khan Academy lors de la découverte et de la différenciation ont un meilleur résultat. En effet, de nombreux enseignants utilisent ce site en classe pour exercer leurs élèves, introduire de nouveaux concepts mathématiques et considèrent l'outil comme un excellent moyen de différenciation (Murphy et al., 2014). Si l'enseignant souhaite améliorer le niveau taxonomique « *reconnaître* », il peut utiliser la Khan Academy lors de la différenciation. S'il désire développer le niveau « *inventer* », l'utilisation du dispositif lors de la découverte est recommandée et s'il réclame une progression pour le niveau « *achever l'initiative* », c'est la phase d'exercices qui sera la plus efficace pour l'apprenant.

Ensuite, nous avons examiné la perception de la motivation des sujets utilisant la Khan Academy. Globalement, les résultats présentés, lors de la séquence d'apprentissage en savoir calculer nous permettent de répondre que chaque dispositif utilisé permet la motivation des apprenants. D'autres études (Murphy & al., 2014 ; Marple et al., 2019) confirment nos observations. Les utilisateurs de la Khan Academy changent positivement leur perception et leur vision des mathématiques. En effet, la disposition des objectifs spécifiques et généraux avec une association de feed-back ainsi que d'auto-évaluation instantanée favorisent la motivation de l'apprenant (Galand & Vanlede, 2004). L'enseignement individualisé permet également la progression au rythme de l'apprenant ce qui favorise leur motivation (Ruthven & Henessy, 2002 ; Cazes et al., 2004, cités par Hersant & Vandebrouck, 2006).

Individuellement, la modalité pédagogique utilisée avec l'outil qui obtient une plus grande motivation de la part des apprenants est au moment de la différenciation ce qui soutient le travail de Vidergor et Ben Amram (2020).

En conclusion, la Khan Academy, comme le confirment les études (Murphy & al., 2014 ; Marple et al., 2019), possède de nombreux avantages. Mais pour profiter de tous les aspects

positifs de ce site gratuit, l'enseignant doit l'utiliser comme un soutien scolaire lors de la différenciation ou de la découverte (deuxième moment le plus motivant). Sa manipulation pourra alors servir à faciliter la tâche des apprenants, mais également des enseignants surtout pour les mathématiques. En effet comme le stipule le fondateur, Salman Khan : « *Si je devais choisir entre un enseignant extraordinaire et une technologie extraordinaire, je choiserais toujours l'enseignant. L'idéal, cependant, c'est quand une technologie extraordinaire peut être utilisée pour donner du pouvoir à ce professeur extraordinaire* » (Khan Academy, s.d.).

- **Limites et perspectives**

L'une des limites que nous pouvons énoncer est la durée de l'enquête. Premièrement, notre étude a duré moins d'un mois et les résultats à long terme n'ont pas été évalués. Il est donc conseillé d'utiliser l'outil pendant une longue période pour permettre aux apprenants les plus faibles d'acquérir à leur rythme les compétences dont ils ont besoin. Cependant, l'individualisation systématique des apprentissages des élèves n'est pas bénéfique pour tout le monde. Afin de permettre une progression des apprentissages, il faut mettre en place une différenciation profitable pour tous les apprenants. De plus, selon certains enseignants, la motivation des élèves avec la Khan Academy est due à un environnement pédagogique nouveau. Ils supposent que cet outil perdra de son attrait au fil du temps (Mastafi, 2020). Il serait alors intéressant non seulement d'effectuer le même traitement sur une plus longue période avec différentes leçons, mais aussi d'utiliser un questionnaire plus précis sur les perceptions des apprenants à l'aide de l'outil pour déterminer la cause de cette motivation.

La seconde limite porte sur les tablettes utilisées pour accéder au site. La plateforme étant en ligne, la connexion parfois insuffisante du Wifi des établissements scolaires a déclenché quelques difficultés. En raison du manque d'outils numériques, le nombre de sujets a également été limité. Il n'y avait que 10 tablettes pour toutes les expériences. L'utilisation paraissait parfois pénible pour les apprenants. Notamment, lorsqu'ils devaient recommencer leur « devoir » après une mauvaise manipulation, car toutes les réponses avaient disparu. D'autres domaines sont également présentes sur la Khan Academy, en mathématiques : les grandeurs, les solides et les figures ainsi que les problèmes, mais également la programmation et l'histoire de l'art. Il serait intéressant d'observer la motivation et la performance de sujets dans ces autres matières.

Dans notre recherche, nous avons choisi des sujets de 6<sup>e</sup> primaire (6<sup>e</sup> collège), car nous pensons qu'ils sont plus autonomes. Une autre perspective consiste à organiser des leçons pour le degré inférieur pour observer l'autonomie chez les apprenants. Il est important de noter que le fondateur de la Khan Academy, lui-même, précise que cet outil est complémentaire à un

scénario pédagogique, il est encore insuffisant à lui seul. Les leçons proposées ne sont pas en alignement avec les références pédagogiques. Cependant, son utilisation peut aider lors d'une différenciation pour les apprenants.

- Agence du Numérique - Digital Wallonia : Éducation & Numérique (2018). Consulté à <https://content.digitalwallonia.be/post/20180322084629/Barom%C3%A8tre-2018-Digital-Wallonia-Education-Num%C3%A9rique.pdf>
- Amadiou, F., & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique: mythes et réalités*. Retz.
- Bandura, A., & Schunk, D. H. (1981). Cultivating competence, self-efficacy, and intrinsic interest through proximal self-motivation. *Journal of personality and social psychology*, 41(3), 586.
- Bilodeau, H., Dionne, M., Mercier, J., Deschênes, A. J., Bourdages, L., Gagné, P., Lebel, C. & Rada-Donath, A. (1999). Profil des activités d'encadrement comme soutien à l'apprentissage en formation à distance. *Distances*, 3(2), 69-99.
- Bolon, J. (2002). Pédagogie différenciée en mathématiques: mission impossible ou défi. *Grand N*, 69, 63-82.
- Bourdenet, G., & de Strasbourg, I. (2007). Le calcul mental. *Activités mathématiques et scientifiques*, 61(5), 32.
- Brassard, C., & Daele, A. (2003). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003*, 437-444. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000159>
- Butlen, D., & Pezard, M. (2000). Calcul mental et résolution de problèmes numériques au début du collège. *Repères IREM*, 41, 5-24.
- Cavus, N., & Alhih, M. S. (2014). Learning Management Systems Use in Science Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 143, 517-520. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.429>
- Deaudelin, C., Desjardins, J., Dezutter, O., Thomas, L., Corriveau, A., Lavoie, J., Bousadra, F. & Hébert, M. (2007). L'évaluation formative en contexte de renouveau pédagogique au primaire : analyse de pratiques au service de la réussite. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 10(1), 27–45. <https://doi.org/10.7202/1016856ar>

- Demeuse, M., Strauven, C. (2006). *Développer un curriculum d'enseignement ou de formation. Des options politiques au pilotage*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011, 11*, 15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Fédération Wallonie-Bruxelles. (2021). *Dossier de présentation et résultats – CEB 2021*. <http://www.enseignement.be/download.php?do.id=16952>
- Fédération Wallonie-Bruxelles. (2021). *Dossier de présentation et résultats en formation mathématique – CE1D 2021*. <http://www.enseignement.be/download.php?do.id=17091>
- Galand, B. & Vanlede, M. (2004). Le sentiment d'efficacité personnelle dans l'apprentissage et la formation : quel rôle joue-t-il ? D'où vient-il ? Comment intervenir ? *Savoirs*, 5(5), 91-116. <https://doi.org/10.3917/savo.hs01.0091>
- Gravier, S., Gueudet, G., Durand-Guerrier, V., & Grenier, D. (2022). *Concepts et méthodes en didactique des mathématiques, une introduction à la tradition française*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03636739>
- Hersant, M., & Vandebrouck, F. (2006). Bases d'exercices de mathématiques en ligne et phénomènes d'enseignement apprentissage. *Repères IREM*, 62, 71-84.
- Huet, K. (2019a). *Méthodologie de l'expérimentation*. [Syllabus], Université de Mons, Mons.
- Huet, K. (2019b). *Psychométrie et éduométrie*. [Syllabus], Université de Mons, Mons
- Khan Academy (s.d.). *Official website*. Consulté à l'adresse <https://www.khanacademy.org>.
- Lafortune, L., & Fennema, E. (2003). Croyances et pratiques dans l'enseignement des mathématiques. *Conceptions, croyances et représentations en maths, sciences et technos, Québec, Presses de l'Université du Québec*, 29, 58.
- Leon, C., & Koosed, T. (2018). Assessing the use of technology and Khan Academy to improve educational outcomes. *International Society for Technology in Education*.
- Lungu, V., & Elbaz, M. (2011). *Learning management system pour l'entreprise*. Gereso.

- Marple, S., Jaquet, K., Laudone, A., Sewell, J., & Liepmann, K. (2019). Khan Academy in 7th grade math classes: A case study. *WestEd. org*.
- Masciotra, D. (2007). Le constructivisme en termes simples. *Vie pédagogique, 143*, 48-52.
- Mastafi, M. (2020). Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : perceptions des enseignants du secondaire. *Formation et profession, 28(2)*, 60–74. <https://doi.org/10.18162/fp.2020.508>
- Mastrot, G. (2019) Nombres décimaux. *Formation des Référents Mathématiques de Circonscription*.
- Morrison, B. B., & DiSalvo, B. (2014). Khan academy gamifies computer science. *Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education – SIGCSE, 14*, 39-44. <https://doi.org/10.1145/2538862.2538946>
- Murphy, R., Gallagher, L., Krumm, A., Mislavy, J., & Hafter, A. (2014). *Research on the Use of Khan Academy in Schools*. Menlo Park, CA: SRI Education.
- Pallascio, R., & Lafortune, L. (2000). *Pour une pensée réflexive en éducation*. PUQ.
- Proulx, J., Lamarche, M.-L. L., & Tremblay, K.-P. (2017). Équations algébriques et activité mathématique en calcul mental : Regard sur les défis d'enseignement. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives. Revue internationale de didactique des mathématiques, 22*, 43-65. <https://doi.org/10.4000/adsc.695>
- Psycharis, S. (2011). The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on physics. *Computers & Education, 56(3)*, 547-555. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.09.011>
- Randriantsaralaza, S. R. (2019). *Enseignement-apprentissage du calcul mental en primaire et secondaire et analyse comparative des méthodes ASI-MGK et TRI* [Thèse de doctorat, Université de La Réunion]. Bibliothèque et Archives Universitaires.
- Sasmaz, S. (2022). *La Khan Academy : Analyse de l'utilisation de la Khan Academy sur la performance des élèves de 6<sup>e</sup> primaire dans les compétences en savoir calculer, à divers moments pédagogiques*. [Mémoire de master non publié]. Université de Mons
- Strijbos, J. W. (2004). *The effect of roles on computer-supported collaborative learning*. Open Universiteit.

- Temperman, G., Anthoons, C., Lièvre, B. de, & Stercke, J. de. (2014). Tâches de programmation avec Scratch à l'école primaire : Observation et analyse du développement des compétences en mathématique. *Frantice.net*, 9, <http://www.frantice.net/document.php?id=1013>.
- Tran, V. C. & Pham, D. S. (2020), Enseignement/apprentissage du et en français: regards croisés. *Université Nationale du Vietnam*.
- Trouche, L. (2005). Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Le calcul sous toutes ses formes*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01559831>
- Van Nieuwenhoven, C., De Vriendt, S., & Hanin, V. (2019). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : pistes de diagnostic et supports d'intervention*. De Boeck Supérieur.
- Vidergor, H. E., & Ben-Amram, P. (2020). Khan academy effectiveness: The case of math secondary students' perceptions. *Computers & Education*, 157, 103985. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103985>
- Vivier, L., & Durand-Guerrier, V. (2016). Densité de  $D$ , complétude de  $R$  et analyse réelle— Première approche. *First conference of International Network for Didactic Research in University Mathematics*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01337887>
- Watson, W., & Watson, S. L. (2007). An argument for clarity: What are learning management systems, what are they not, and what should they become?. *TechTrends*, 51(2), 28–34. [https://cardinalscholar.bsu.edu/bitstream/handle/123456789/194513/Watson\\_Argument\\_Clarity\\_Techtrends\\_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cardinalscholar.bsu.edu/bitstream/handle/123456789/194513/Watson_Argument_Clarity_Techtrends_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Yassine, S., Kadry, S., & Sicilia, M. A. (2021). Application of community detection algorithms on learning networks. The case of Khan Academy repository. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(2), 411-424. <https://doi.org/10.1002/cae.22212>

## Annexes

Annexes en lien avec l'article scientifique :

[https://drive.google.com/drive/folders/14\\_GEVLXsntWT2Gf3tU3c\\_itDf7Zfe1LG?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/14_GEVLXsntWT2Gf3tU3c_itDf7Zfe1LG?usp=sharing)