

Mini projet AUI - AR et éducation

Sam Corpataux

Gaël Koch

Nathan Bourquenoud

Yves Kalberer

Lausanne, le 5 juin 2023

Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Analyse State Of The Art.....	2
Evolution des recherches dans le domaine	2
Types d'utilisateurs concernés	2
Avantages et désavantages	3
L'effet de l'AR sur les résultats et les attitudes des élèves du secondaire	3
Orientations futures.....	4
Applications existantes	4
3. Liens avec le cours	5
4. Technologies de développement.....	5
5. Concept du projet et méthodologie	7
Notions.....	7
Avantages.....	7
Interactions	8
Démonstration	8
6. Organisation	9
7. Conclusion.....	9
8. Ressources.....	10

1. Introduction

Ce document constitue le rapport de projet "AR et éducation" dans le cadre du cours MSE "MA-AUI". Ce projet a pour but de réaliser une application de réalité augmentée afin d'être appliquée dans le domaine de l'éducation. L'AR est un domaine en constante évolution et a le potentiel de devenir, s'il ne l'est pas déjà, une technologie phare dans le futur. Le fait de l'appliquer dans le cadre de l'éducation est très intéressant car cela peut augmenter nos facultés cognitives et donc améliorer nos capacités d'apprentissage. Ce document fait donc l'état de l'art dans ce domaine mais résume également le concept de notre application ainsi que les différents aspects vus en cours.

2. Analyse State Of The Art

Dans un premier temps, nous allons analyser plusieurs recherches effectuées dans le domaine de l'AR et de l'éducation ainsi que quelques applications déjà existantes dans le contexte de notre projet. Cela constitue donc un état de l'art.

Evolution des recherches dans le domaine

En ce qui concerne l'évolution des recherches effectuées dans le domaine de l'AR et l'éducation, l'étude [1] montre que le nombre de publications est en augmentation depuis quelques années désormais. Comme on peut le voir sur la Figure 1, depuis 2007 le nombre de publication augmente presque chaque année. Etant donné que cela reste un domaine assez spécifique (l'AR pour l'éducation), cette augmentation est assez impressionnante. On peut également voir une augmentation rapide depuis 2011. [1] indique que cela est causé par le fait que l'AR est devenu beaucoup plus disponible au grand public grâce au téléphone mobile. En effet, de plus en plus de personnes ont accès à des téléphones, et certaines technologies comme Unity permettent à un plus grand nombre de personnes de prendre en main l'AR. On peut donc en conclure que de plus en plus de personnes s'intéressent à ce domaine et il ne semble pas que cela va s'arrêter bientôt grâce aux avancées technologiques.

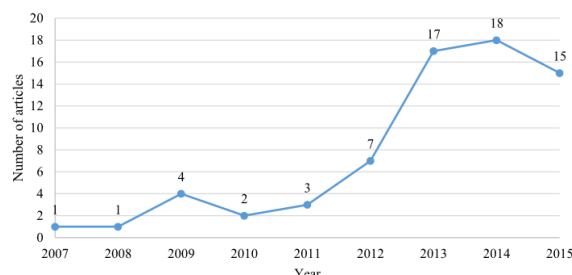


Figure 1 Evolution du nombre de publications d'articles concernant l'AR dans l'éducation [1]

L'étude [2] montre également que le taux de croissance annuel des publications sur le thème de l'AR est d'environ 21% ce qui démontre l'intérêt continu de ce sujet au fil des ans. En ce qui concerne la production scientifique par pays, les résultats de l'analyse montrent que les États-Unis, l'Espagne, et Taiwan sont les 3 pays qui contribuent le plus aux publications et ce sont également les pays qui ont les plus longues traditions de recherche dans le domaine avec des publications antérieures à 2014. Plus récemment, le Mexique, la Malaisie, l'Inde, la Colombie ou encore l'Indonésie qui sont quelques-uns des pays qui commencent à contribuer au domaine plus récemment.

Types d'utilisateurs concernés

L'étude [1] indique les différents types d'utilisateur ainsi que leur popularité dans les recherches étudiées. Il est assez vite évident que le groupe le plus populaire concerne des enfants de l'école primaire ou secondaire (51%). C'est principalement le cas car les enfants de ces âges ont besoin d'utiliser tous leurs sens pour mieux comprendre. L'utilisation de l'AR permet d'utiliser plusieurs de ces sens et en plus d'une

façon ludique voir joueuse. Ensuite, le deuxième groupe le plus populaire consiste à des étudiants universitaires. Cela est probablement dû au fait que c'est le groupe le plus disponible aux différents chercheurs. Cela laisse donc que très peu de pourcentage pour les groupes restants, qui consiste à des adultes, des enfants en maternelles ou encore des professeurs. [1] indique même qu'il y a un manque de recherche pour des personnes âgés ou des étudiants avec des besoins spéciaux (autismes, handicaps, ...).

Avantages et désavantages

En ce qui concerne les avantages et désavantages de l'utilisation de l'AR dans le domaine de l'éducation, la première remarque qui revient est le fait qu'il y a un effet de "nouveau". En effet, il est souvent nécessaire d'avoir une phase d'apprentissage de l'outil car, pour de nombreuses personnes, cette technologie reste nouvelle. Cependant, cela peut diminuer au fil du temps étant donné que cette technologie est toujours de plus en plus populaire et donc de moins en moins "nouvelle". Un autre aspect négatif de cette technologie dans l'éducation est que cela peut créer une surcharge cognitive. Il faut donc faire attention à limiter l'information que l'on affiche et d'aider l'utilisateur avec son interaction. Il existe encore quelques problèmes, mais ces derniers ne concernent pas vraiment l'AR mais plutôt des soucis techniques (comme un GPS qui ne fonctionne pas par exemple). Par contre, un grand avantage de l'AR dans ce domaine est le fait que les étudiants (ou apprenants) ont tendance à mieux et plus apprendre. En effet, cette façon d'apprendre en plus ludique et plus joueuse. Il est donc plus facile de comprendre de nouvelles choses car nous sommes plus stimulés et plus immergés dans la tâche. L'AR peut donc rendre des tâches ennuyantes plus abordable et agréable car cela rend la phase d'apprentissage plus amusante (gamification). Les étudiants sont plus impliqués dans la leçon et on remarque alors de meilleures performances dans leurs façons d'apprendre.

L'effet de l'AR sur les résultats et les attitudes des élèves du secondaire

L'étude compare deux groupes d'élèves (en tout, 100 élèves de 12-13 ans) dans leur apprentissage du système solaire. Un groupe expérimental utilise la technologie AR et un deuxième groupe, de contrôle, utilise des techniques dites « traditionnelles » (textbook).

Les élèves ont été évalués à l'aide de 3 tests :

- Un examen composé de 30 questions à choix multiples, qui a pour but de tester leurs connaissances sur le sujet.
- Un test pour évaluer leur attitude vis-à-vis du cours de science en règle générale composé de 20 affirmations auxquels l'élève doit attribuer une note allant de 1 à 5 (permet de voir s'ils étaient plus concentrés et impliqués durant le cours, s'ils posaient plus de questions etc...).
- Un test pour évaluer leur attitude vis-à-vis de la technologie AR composé de 15 affirmations auxquels l'élève doit attribuer une note allant de 1 à 5 (permet de connaître leur ressenti vis-à-vis de la technologie, en particulier quel était le niveau de satisfaction, d'anxiété et de volonté à ré-utiliser l'AR dans le futur)

En conclusion, les résultats des différents tests cités ci-dessus montrent que le groupe expérimental (qui a utilisé l'AR) a eu de meilleurs résultats/notes que le groupe de contrôle (méthode traditionnelle). Globalement, les élèves qui ont utilisé l'AR étaient aussi plus intéressés et impliqués dans le cours.

Table 2
Attitudes and Academic Achievement of Students in Experimental and Control Groups.

	Groups	N	M	SD
Attitude Towards the Course	Experiment Group	49	83.71	7.385
	Control Group	48	69.75	14.783
Academic Achievement	Experiment Group	49	81.69	10.886
	Control Group	48	67.98	13.616

Les élèves du groupe expérimental ont grandement apprécié étudier à l'aide de la technologie AR. Ils sont enthousiastes à l'idée de réutiliser cette technologie dans le futur et n'ont pas été particulièrement anxieux lors de son utilisation.

Table 5

Attitudes of students in experimental group towards AR Applications.

Factor	Min.	Max.	M	SD
Use satisfaction	3.29	5.00	4.55	.445
Use willingness	2.00	5.00	4.60	.638
Use anxiety	1.00	4.33	1.36	.619

L'étude souligne le fait que l'AR est une nouvelle technologie qui est considéré comme étant un peu « magique » par les enfants (en particulier si c'est la première fois qu'ils utilisent cette technologie). Il est également montré que l'animation d'objets en 3D attirent particulièrement l'attention des enfants. Tous ces facteurs font que les enfants trouvent le cours globalement plus intéressant, ils sont plus impliqués, posent plus de questions et donc retiennent mieux la matière enseignée.

Orientations futures

L'étude [2] indique les thèmes de recherche qui émergent et les tendances actuelles de la AR dans l'éducation sont les besoins éducatifs spéciaux, l'industrie 4.0, la narration, l'impression 3D, les applications mobiles et l'enseignement supérieur. Les auteurs ont identifié les mots clés les plus fréquents dans les articles ceux-ci permettent de fournir des indications sur les orientations de la recherche.

Les résultats montrent que la gamification et l'apprentissage par le jeu sont des mots-clés qui apparaissent fréquemment dans les articles de revues, les chapitres de livres et les documents de conférence. Ce résultat pourrait suggérer un intérêt croissant pour l'application des stratégies de gamification et de la théorie de l'apprentissage par le jeu au développement d'expériences d'apprentissage par la AR. Ce résultat confirme les conclusions de revues systématiques de la littérature dans le domaine de l'apprentissage par le jeu en AR

D'autres mots-clés sont apparus fréquemment, tels que "medical education" et "surgery". Ce résultat suggère un intérêt croissant pour l'utilisation de la AR dans l'enseignement médical en raison des nouvelles possibilités que l'AR crée pour la visualisation et la simulation des procédures médicales

Applications existantes

En ce qui concerne des applications existantes, le choix est assez vaste. En effet, il existe déjà de nombreuses applications AR disponibles dans le domaine de l'éducation. Par exemple, l'application "Star Walk" permet à l'utilisateur d'utiliser son téléphone mobile pour pointer les étoiles et obtenir des informations. Comme on le voit sur la Figure 2, cela représente une façon plus ludique d'apprendre des informations sur notre système solaire, les constellations et les différents satellites orbitant la terre.



Figure 2 Exemple de l'application "Star Walk" *Error! Reference source not found.*

MergeCube fonctionne avec MergeEDU qui est une plateforme d'apprentissage qui permet aux étudiants de comprendre les sciences avec des objets 3D et des simulations avec lesquels ils peuvent toucher, tenir et interagir. Cela permet d'engager les enfants dans des activités pratiques qui leur permettent d'apprendre et d'explorer de nouvelles façons incroyables.

Ils ont la possibilité d'explorer une galaxie, tenir des fossiles et des artefacts anciens, explorer une molécule d'ADN, disséquer une grenouille, etc.



Figure 3 Exemple de l'application "MergeCube" [4]

3. Liens avec le cours

Afin de réaliser ce projet, nous avons utilisé plusieurs éléments et notions vues durant le cours. Cela nous a permis de diriger ce projet et d'avoir une plus grande compréhension des concepts mis en place.

Premièrement, notre projet s'inscrit dans le niveau 2 de complexité AR. En effet, on utilise des objets 3D (les chiffres et opérations) pour afficher les informations du calcul à l'utilisateur. Il y a donc une certaine orientation et une pose de l'objet 3D qui rentre en jeu. Nous ne sommes cependant pas dans le niveau 3, car il n'y a pas du tout d'information sur la cohérence spatiale. Nos objets 3D vont prendre le dessus sur ce qui est présente dans la vraie vie.

Deuxièmement, le tracking et la localisation des objets 3D se fait avec la première solution selon le cours. Afin de rendre l'application plus intéressante et de ne pas simplement avoir des chiffres qui flottent dans l'application, nous avons utilisé des marqueurs pour placer nos différents éléments : chiffres, opérateurs, résultats, etc. Cela nous permet de poser notre calcul sur une surface mais d'y ajouter des éléments 3D interactifs. On retrouve donc cet aspect familier d'avoir un calcul sur une table mais en ajoutant des éléments ludiques.

Au niveau de la technologie, nous avons également décidé de développer cette application pour smartphone. L'accès à des casque AR est actuellement encore assez limité, surtout pour des enfants, et il est beaucoup plus abordable d'utiliser un smartphone avec sa caméra. De plus, les casques AR actuelles sont tout de même assez grands et lourds, ce qui peut vite devenir gênant pour des enfants.

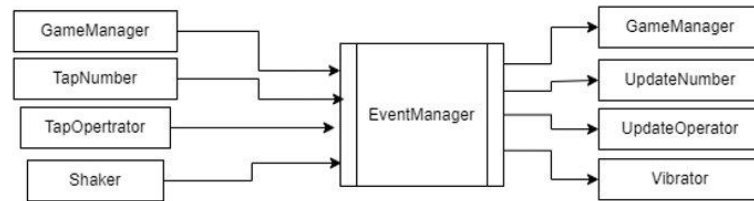
Finalement, nous avons également fait recours à de "l'affective computing" pour transmettre des informations sur le résultat des calculs à l'utilisateur. Si le résultat est correct, l'application va mettre les chiffres en vert, qui est un symbole universel pour indiquer une validation, et sinon en rouge pour indiquer le résultat comme étant faux. Cela permet d'indiquer sans plus d'indications le résultat de l'équation.

4. Technologies de développement

Le projet a été développé avec la version d'éditeur 2021.3.15f1. Nous avons développé l'application avec plusieurs téléphones, par exemple un Oneplus 9 pro avec Android avec OxygenOS 13.0 et Android 13. Nous avons utilisé le langage de programmation C# pour notre application et avons utilisé les packages ARCore ainsi que Touchscript pour gérer les différents aspects AR et interactions du projet.

Ensuite, nous n'avons pas rencontré de gros problème durant ce projet, appart pour la génération des marqueurs pour être utilisé par AR Foundation. Avec les premiers marqueurs (des simples QR codes trouvés sur internet), l'application n'arrivait pas à compiler car le script n'arrivait pas à trouver suffisamment de points clés dans les images pour les différencier. Il a donc fallu chercher et générer nos propres images afin d'avoir des marqueurs suffisamment différenciables.

Voici également quelques indications sur les techniques utilisées et l'architecture mise en place durant ce projet. Pour commencer, l'image ci-dessous représente l'ensemble des scripts et fichiers de notre application :



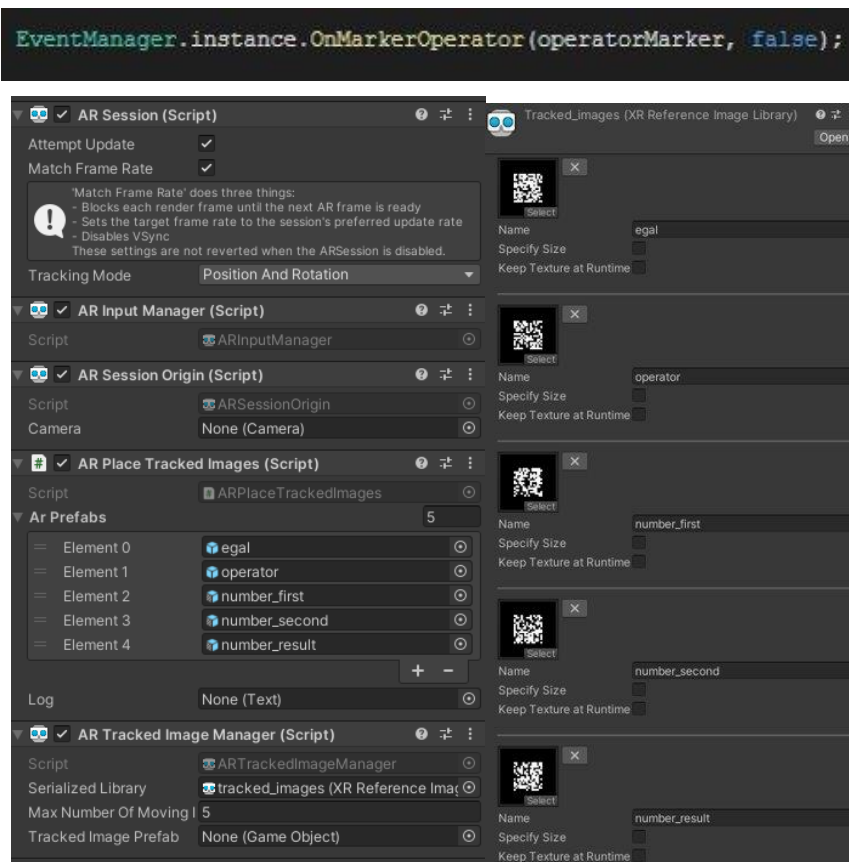
Toutes les Events/interactions passent par l'EventManager, l'EventManager traite toutes les requêtes et bloque les actions suivant le contexte du GameManager. Cela permet de centraliser toute la logique de l'application et donc d'avoir une meilleure gestion des interactions. L'image ci-dessous représente comment un Event est déclaré.

```

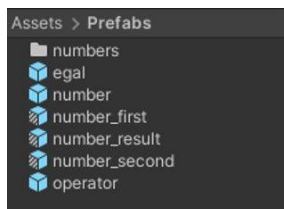
public delegate void delegateOnOperatorUpdate(OperatorMarker a_marker, bool a_isAuto);
public delegateOnOperatorUpdate OnOperatorUpdate;
1 référence
public void OnMarkerOperator(OperatorMarker a_marker, bool a_isAuto)
{
    EventManager.instance.OnColorChange(Color.blue);
    GameManager.instance.OperatorMarkerUpdate(a_marker, a_isAuto);
    if (OnOperatorUpdate != null && (CanUserUpdateOperator() || a_isAuto))
    {
        OnOperatorUpdate(a_marker, a_isAuto);
    }
}
  
```

On peut également bloquer les appels comme CanUserUpdateOperator() ou forcer un appel avec a_isAuto pour gérer les appels par le GameManager et non pas par l'utilisateur. Pour déclencher un Event on utilise une fonction comme ci-dessous.

```
EventManager.instance.OnMarkerOperator(operatorMarker, false);
```



On utilise AR Foundation avec un script qui permet de tracker plusieurs markers, pour chaque marker on assigne un Prefab qui contient le model projeter durant l'exécution et le script pour gérer les interactions.



5. Concept du projet et méthodologie

L'application mobile vise à offrir une façon interactive et engageante d'apprendre les concepts de calcul aux enfants avec des difficultés d'apprentissage en utilisant la technologie de réalité augmentée. L'application sera conçue pour reconnaître les opérations numériques comme marqueurs, et lorsque l'appareil photo de l'appareil mobile est focalisé sur le marqueur, l'application affichera des objets 3D et des animations pour expliquer le concept de calcul associé à ce marqueur.

Notions

Reconnaissance de marqueur : L'application utilisera la technologie de reconnaissance d'image pour reconnaître les opérations numériques comme marqueurs. Lorsque l'appareil photo est focalisé sur le marqueur, l'application affichera l'objet 3D ou l'animation correspondant.

Visualisation 3D : L'application utilisera la modélisation 3D pour créer des visualisations interactives des concepts de calcul. Par exemple, lorsque l'appareil photo est focalisé sur le signe d'addition, l'application affichera une image qui démontre le concept d'intégration. De plus, des pastilles permettront d'afficher une autre représentation pour les chiffres, cette fois plus au niveau de la quantité que représente les chiffres.

Apprentissage interactif : L'application permettra aux enfants d'interagir avec les visualisations en les manipulant à l'aide de gestes tactiles. Par exemple, les enfants peuvent faire pivoter l'objet 3D ou zoomer pour voir les détails.

Multiples concepts de calcul : L'application couvrira plusieurs concepts de calcul avec les opérations de bases. Dans un premier temps nous allons intégrer l'addition et la soustraction. Si le temps le permet, nous allons également rendre possible d'utiliser la multiplication ou la division. Chaque concept sera associé à un marqueur d'opération numérique différent.

Mode spéciale : un mode spécial peut permettre à l'utilisateur de modifier et interagir avec les calculs de manière libre et plus avec la notion d'exercice. Ainsi, il pourra jouer avec les équations sont être dans un contexte "d'évaluation".

Avantages

Apprentissage engageant : L'utilisation de la technologie de réalité augmentée et des visualisations 3D rendra l'apprentissage des concepts de calcul plus engageant et interactif pour les enfants.

Commentaires interactifs : L'application fournira des commentaires et indications concernant le fonctionnement des différents opérateurs mis en place. Ainsi, l'utilisateur pourra obtenir de l'aide à la demande.

Apprentissage amusant : En utilisant des opérations numériques comme marqueurs, l'application créera un environnement d'apprentissage amusant et ludique pour les enfants. Le fait de pouvoir manipuler les calculs directement avec les doigts peut permettre d'engager les utilisateurs dans l'application.

Publique cible : notre publique cible est donc des enfants qui ont des difficultés d'apprentissage (trouble de l'attention, autisme, handicap, ...). En effet, c'est un groupe de personne qui n'est pas souvent

représenté dans les travaux que nous avons étudiés et c'est pourtant des personnes qui pourraient grandement bénéficier de cette technologie. De plus, ces personnes ont souvent beaucoup de peine pour comprendre certains concepts mathématiques. Rendre ces notions plus ludiques et conceptualiser une façon différente de les approcher peut donc être un gros avantage pour ce publique cible.

L'application mobile qui utilise la réalité augmentée et les opérations numériques comme marqueurs pour enseigner le calcul aux enfants est une façon innovante et engageante d'apprendre. En fournissant des visualisations interactives et des commentaires, l'application rendra les concepts de calcul plus accessibles et amusants pour les enfants à apprendre.

Interactions

Voici les 4 interactions que nous allons proposer à nos utilisateurs :

- Création de calcul à l'aide des cartes, de chiffre et d'opération
- Lorsque l'utilisateur touche une opération (addition, soustraction, ...) et petite image explicative va s'afficher
- Lorsque l'utilisateur touche l'opérateur égal, l'équation va devenir rouge ou verte en fonction de l'exactitude du calcul
- Utilisation d'un mode spécial pour afficher automatiquement le bon résultat du calcul afin de pouvoir "jouer" avec les chiffres et voir comment cela affecte le résultat
- Secouement du téléphone pour revenir à la situation de base ($0 + 0 = 0$)
- Vibration du téléphone pour indiquer à l'utilisateur si son résultat est juste ou faux
- Choix de l'affichage de pastilles afin de représenter les chiffres physiquement.

Mode

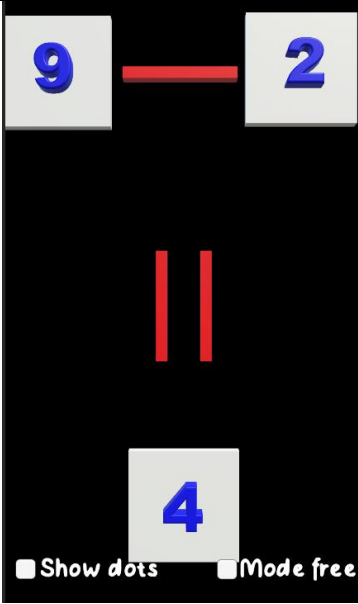
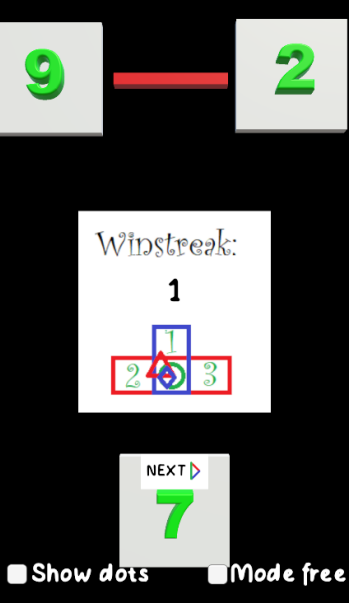
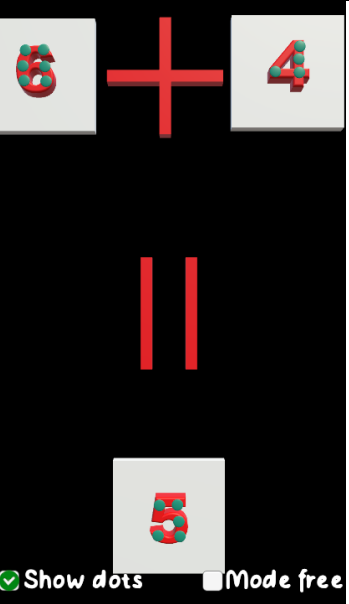
L'utilisateur aura à disposition 2 modes de jeu. Le premier, qui est le mode standard, consiste à générer automatiquement des exercices pour l'utilisateur. Ainsi, il devra essayer de résoudre ces équations.

Un deuxième mode, appelé "libre", pourra laisser la liberté à l'utilisateur de modifier le calcul afin d'expérimenter lui-même avec les effets des opérations.

Dans tous les cas, il y aura un compteur de "winning streak". Cela correspond à un compteur qui compte le nombre de calcul que l'utilisateur a fait correctement. Ce compteur se réinitialise à zéro en cas de résultat faux. Cela permet de garder une trace du nombre de calculs réalisé correctement et invite l'utilisateur à essayer d'aller le plus loin possible sans faire d'erreur.

Démo

Une vidéo de démonstration est également disponible en annexe du projet mais voici tout de même quelques screenshots de l'application finale :

 <p>Vue d'ensemble de l'application</p>	 <p>Vue lorsqu'un résultat est correct avec le "winning streak"</p>	 <p>Vue lorsque le calcul est faux ainsi que l'affichage des "points"</p>
--	--	--

6. Organisation

En ce qui concerne l'organisation durant le projet, nous avons réparties les tâches en fonction des forces de chaque membre du groupe. M. Kalberer est la personne qui a principalement développer l'application car il a beaucoup d'expérience avec cet outil. Cela lui a donc pris moins de temps pour réaliser des tâches de développement et il a également apporté une structure de fichiers et du projet très importante. Les autres membres du groupe ont tout de même apporté leur pierre à l'édifice. En effet, M. Corpataux, Bourquenoud et Koch ont réalisé différents "prefabs" pour le projet, générer des images pour les marqueurs, préparer le rapport et la présentation ainsi que d'implémenter quelques fonctionnalités de l'application. Nous avons donc joué sur les forces de chacun pour optimiser la répartition des tâches et avons tous contribué à la réalisation de ce projet.

7. Conclusion

Pour conclure ce projet, nous sommes assez fiers du résultat final que nous avons obtenu. Le fait d'avoir une application AR fonctionnelle comme produit final est tout de même assez impressionnant et cela a donc été très intéressant de développer cela tout au long du semestre.

Nous avons tout de même rencontré plusieurs difficultés lors de ce projet. La plus grande difficulté était simplement le fait d'utiliser Unity. Pour la plupart des membres du groupe, cet outil reste assez nouveau et nous avons donc eu de nombreuses difficultés pour réaliser des tâches "assez simples". De plus, nous avons trouvé le temps nécessaire à la réalisation de ce projet assez demandant. La réalisation d'une application AR, bien que cela soit grandement facilité avec Unity, reste tout de même un travail conséquent. Il nous a donc fallu investir de nombreuses heures dans la réalisation de ce projet. Nous avons également eu quelques difficultés avec la création et la détection des marqueurs dans l'application. Le toolkit AR de Unity nécessite des points "clés" dans les images afin de pouvoir les différencier et les reconnaître. Il faut donc suffisamment de ces points pour que l'image soit acceptée et utilisable. C'est donc pas évident de trouver de bonnes images pour cela. De plus, dans l'application, la détection de ces

marqueurs n'est pas extrêmement performante et il peut donc y avoir quelques soucis d'affichage. La gestion de cela est malheureusement hors de notre porté car c'est implémenté par le toolkit AR de Unity.

Par contre, nous pouvons tout de même noter plusieurs points fort de notre application. Le premier est le concept. Nous trouvons que l'idée que nous avons eu de rendre l'apprentissage des calculs plus ludique et sous une forme interactive peut vraiment aider les enfants ayant des problèmes d'apprentissage à se concentrer et à apprendre. L'utilisation de points, en plus d'afficher les chiffres, permet aux utilisateurs de bien se représenter les quantités des chiffres et les effets des opérations. De plus, nous sommes assez satisfaits du publique cible que nous avons choisie car c'est souvent un groupe qui est quelque peu négligé dans notre société. Il est donc important de comprendre leurs besoins et de leur apporter les moyens nécessaires à leur éducation. L'entente dans notre groupe s'est également bien passée. Nous avons assez bien collaboré au niveau de la répartition des tâches et (projet, rapport, présentation, etc.), M. Yves Kalberer nous a également bien épaulé durant tout le projet avec son expérience avec Unity.

Notre projet possède tout de même quelques points d'améliorations pour un futur projet. Premièrement, un élément très sympa et ludique serait d'ajouter des objets 3D avec de la physique pour représenter les chiffres. Actuellement, nous utilisons des points mais il serait intéressant d'utiliser des cubes par exemples qui tombe du ciel. Cela permettrait aux utilisateurs de vraiment se représenter les quantités que représentent les chiffres et les effets des opérations. Il serait également intéressant de faire une retouche visuelle. Actuellement, l'affichage est assez rudimentaire et donc rendre l'interface plus visible et épuré serait un bon ajout à l'application. Une autre possibilité d'amélioration serait d'utiliser un marqueur par chiffre. Cela rendrait l'utilisation de l'application et le lien avec le monde informatique et réel beaucoup plus fort. Ainsi, les enfants peuvent réellement changer les chiffres dans le monde réel et voir les résultats dans l'application. Ensuite, une autre amélioration serait le fait d'ajouter plus d'opérations. Pour l'instant, nous avons pris en compte uniquement les additions et les soustractions mais il serait très intéressant d'utiliser aussi des opérations plus compliquées comme la multiplication ou la division. Et finalement, une dernière amélioration serait la "gameification" de l'application. Cela rendrait l'application beaucoup plus ludique et motivante à utiliser en ayant des niveaux, des barres de progression, des challenges quotidiens, etc.

Enfin, voici le lien du répertoire GitHub de ce projet : <https://github.com/Hynoer/MAAUI>

8. Ressources

- [1] Murat Akçayır, Gökçe Akçayır. " Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature". Educational Research Review, Volume 20. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- [2] C. Avila-Garzon, J. Bacca-Acosta, Kinshuk, J. Duarte, and J. Betancourt, "Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research," Contemp. Educ. Technol., vol. 13, no. 3, p. ep302, Apr. 2021, <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>
- [3] Star Walk. Vito Technology Inc. <https://apps.apple.com/us/app/star-walk-find-stars-and-planets-in-sky-above/id295430577?ign-mpt=uo%253D8> [visité le 27.03.2023]
- [4] MergeCube. Merge Labs. <https://mergeedu.com/cube> [visité le 27.03.2023]
- [5] H. Tobar-Muñoz, R. Fabregat and S. Baldiris, "Using a videogame with augmented reality for an inclusive logical skills learning session," 2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE), Logrono, Spain, 2014, pp. 189-194, doi: 10.1109/SIIE.2014.7017728.
- [6] Dilara Sahin, Rabia Meryem Yilmaz, The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education, Computers & Education, Volume 144, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>.