

Projet Serious Game pour handicap

Lefebvre Florian

7 juillet 2025



UNIVERSITÉ
PARIS 8
VINCENNES-SAINTE-DENIS



Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Dominique Archambault, mon tuteur universitaire, pour son accompagnement, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Je remercie également Madame Floriane Tenor et Monsieur Christophe Simonet, mes tuteurs au sein de l'association, pour leur encadrement, leur bienveillance et leur implication constante dans le bon déroulement de cette expérience.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants du Master Technologies et Handicap, pour la qualité de leur enseignement et l'inspiration qu'ils m'ont apportée tout au long de la formation.

Je souhaite également remercier sincèrement les participants à l'expérimentation pour leur implication, leur patience et leur bonne humeur. Leur participation a été essentielle à la réalisation de ce travail.

Enfin, je remercie chaleureusement mes parents pour leur soutien indéfectible, leur patience et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

Titre : Projet Serious Game pour handicap

Résumé : Le projet présenté porte sur la conception et le développement de *Serious Game* destiné à améliorer l'inclusion des personnes en situation de handicap, en particulier celles suivies par l'association ASIMC Gonesse, spécialisée dans l'accompagnement des jeunes atteints de handicaps moteurs et cognitifs. Le Serious Game vise à faciliter la rééducation motrice et cognitive, tout en valorisant l'autonomie et la motivation à travers le jeu.

Le projet explore les fondements théoriques du Serious Game, notamment ses apports en termes de pédagogie active, de motivation (théories de Maslow, de l'autodétermination, modèle ARCS), et d'apprentissage (constructivisme, behaviorisme, apprentissage par problème). Il s'appuie également sur les sciences cognitives et les neurosciences pour concevoir des dispositifs adaptés aux capacités des utilisateurs, favorisant la plasticité cérébrale, l'attention et la mémoire.

Une étude de terrain a été menée avec les professionnels de l'ASIMC pour cerner les besoins spécifiques. À partir de cette analyse, une plateforme ainsi que plusieurs jeux ont été développés, adaptés soit au handicap moteur (jeux gestuels comme *Attrape-les bulles*, *Tetris gestuel*, *Conduite gestuelle*), soit au handicap cognitif (jeux pour entraîner sa mémoire comme *Memo-picto* ou jeux de logique comme *Breakthrough*). Chaque jeu utilise des technologies comme *MediaPipe* une bibliothèque de Google dédiée au traitement multimodal en temps réel, *Rasa*, un framework open-source de création de chatbots basé sur l'apprentissage automatique, et *PyGame* pour le moteur de jeu, dans une architecture inclusive et interactive.

Ce projet démontre que les Serious Games, bien conçus, peuvent être de véritables outils thérapeutiques et pédagogiques, alliant ludisme, accessibilité et efficacité. Ils permettent de répondre aux besoins variés d'un public en situation de handicap, tout en ouvrant des perspectives nouvelles pour l'éducation spécialisée, la rééducation et l'inclusion sociale.

Table des matières

Table des figures	7
Liste des tableaux	8
1 Introduction	9
1.1 Objectifs	9
2 Présentation de l'association ASIMC	9
2.1 Historique de cette association	9
2.2 Effectif de cette association	10
2.3 Les services offerts par cette association	11
2.4 Le positionnement par rapport à la concurrence	12
2.5 Niveau d'informatisation dans l'association	12
3 Les principes généraux des Serious Game	13
3.1 Les objectifs des Serious Game	13
3.2 L'origine des Serious Game	13
3.3 Les limites des Serious Games	14
3.4 Les Serious Games pour le handicap	15
4 Etude de travaux théoriques sur les Serious Games	17
4.1 Etude de la motivation	17
4.1.1 La pyramide de Maslow et la motivation dans les Serious Games	17
4.1.2 La théorie de l'autodétermination et son application aux Serious Games	19
4.1.3 Le modèle ARCS de Keller et son lien avec les Serious Games	20
4.2 Modèles d'apprentissage	22
4.2.1 Le constructivisme	22
4.2.2 Le socio-constructivisme	23
4.2.3 L'apprentissage expérientiel	24
4.2.4 Le behaviorisme	26
4.2.5 L'apprentissage par problème	28
4.3 Approches cognitives et neurosciences	29
4.3.1 Les sciences cognitives : modéliser le fonctionnement mental	29
4.3.2 Les neurosciences : explorer les mécanismes cérébraux .	30
4.3.3 Conclusion : Les Serious Games, une application prometteuse	30

4.4	Conclusions	31
5	Quelques exemples de Serious Game pour le handicap	33
5.1	MediMoov : un Serious Game pour le handicap	33
5.2	Toap Run : un Serious Game pour les patients atteints de la maladie de Parkinson	34
5.3	Jeux sérieux et troubles du spectre de l'autisme	35
6	Le déroulement du projet	37
6.1	La phase d'interviews	37
6.2	La phase de développement	37
6.3	La phase de test	38
7	Les choix technologiques matériel et logiciel	39
7.1	Le matériel utilisé	39
7.2	Le langage Python	40
7.3	L'outil <i>Mediapipe</i>	40
7.4	Le framework <i>Rasa</i>	43
7.5	Le framework <i>Yolo</i>	46
8	Le développement de la plateforme	48
8.1	L'analyse des besoins de la plateforme	48
8.2	La conception technique de la plateforme	49
8.3	Principe d'intégration d'un jeu	49
8.4	Scénario d'utilisation de la plateforme	52
9	Le développement des jeux	55
9.1	flux d'interaction	55
9.2	Les jeux pour handicap moteur	56
9.2.1	Attrape les bulles	56
9.2.2	Tetris gestuel	58
9.2.3	Conduite gestuelle	59
9.2.4	Imite le singe	60
9.2.5	Joue du piano	62
9.3	Les jeux pour handicap cognitif	63
9.3.1	Percée Douce (appelé aussi Breakthrow)	63
9.3.2	Montres-moi	64
9.3.3	Mémo-picto	66
9.3.4	<i>Fais-moi une recette de cuisine</i>	68
9.3.5	<i>MindCoders 3D - Mastermind collaboratif</i>	70

10 Étude expérimentale avec des personnes en situation de handicap moteur	72
10.1 Contexte et objectifs	72
10.2 Description des jeux testés	72
10.3 Ressenti des participants	72
10.4 Observations et résultats	72
10.5 Conclusion partielle	73
11 Conclusions	74
12 Bibliographie	75
Références	75
13 Webographie	76
Références	76
14 Annexes	79
14.1 Annexe 1 : Protocole de l'entretien	79
14.2 Annexe 2 : Exemple d'entretien	80
14.3 Annexe 3 : Les types de handicaps rencontrés	81
14.4 Annexe 4 : La liste des jeux proposés	82
14.5 Annexe 5 : Questionnaire pour le personnel soignant	86
14.6 Annexe 6 : Intégration d'une animation Mixamo dans Panda3D	89
14.7 Annexe 7 : Script d'intégration d'un jeu dans la plateforme . .	91

Table des figures

1	Sigle de l'association ASIMC	10
2	L'organigramme de cette association	11
3	La pyramide de Maslow	18
4	Le jeu voiture en test	39
5	La plateforme de jeux Réeduc	49
6	Accueil de la plateforme HandiGame	52
7	Inscription d'une personne dans la plateforme	53
8	Sélection d'un jeu dans la plateforme	54
9	Gestion des handicaps	54
10	Gestion des jeux	55
11	Architecture fonctionnelle d'un jeu	55
12	Le jeu <i>Attrape les bulles!</i>	57
13	Le jeu <i>Tetris gestuel</i>	58
14	Le jeu <i>Conduite gestuelle</i>	59
15	Le jeu <i>Singe imitateur</i>	61
16	Le jeu <i>piano virtuel</i>	62
17	Le jeu <i>percée douce</i>	63
18	Le jeu <i>Montres-moi</i>	65
19	Le jeu <i>Mémo Picto Etape 1 : Image à mémoriser</i>	66
20	Le jeu <i>Mémo Picto Etape 2 : Retrouver les images mémorisées</i>	67
21	Le jeu <i>Fais-moi une recette de cuisine</i>	68
22	Le jeu <i>MinCoders 3D</i>	70

Liste des tableaux

1	Application de la théorie de l'autodétermination (Deci & Ryan) au design des Serious Games	19
2	Lien entre les dimensions du modèle ARCS et les leviers des serious games	21
3	Phases du projet, leur durée et leurs objectifs	37
4	Description progressive des niveaux de jeu	66
5	Progression des niveaux pour les jeux de mémoire et compré- hension	68

1 Introduction

1.1 Objectifs

Le projet que je souhaite intégrer dans le cadre de ce Master s'inscrit dans une démarche interdisciplinaire, à la croisée de l'informatique, de la pédagogie spécialisée et de l'innovation technologique au service du handicap. Mon objectif est de concevoir des solutions numériques concrètes, basées sur des jeux sérieux (Serious Games), capables de répondre aux besoins spécifiques des personnes en situation de handicap moteur ou cognitif. Plus qu'un simple projet technique, cette démarche vise à proposer une véritable approche inclusive, accessible, motivante et fondée sur les apports récents des sciences de l'éducation, des neurosciences et des technologies interactives.

Ce Master représente pour moi une opportunité de structurer un projet ambitieux autour de la co-construction avec les usagers : éducateurs, soignants, thérapeutes et bénéficiaires directs. Je souhaite explorer les différentes dimensions d'un Serious Game efficace : les ressorts motivationnels (via les théories de la motivation comme la SDT ou le modèle ARCS), les modèles d'apprentissage (constructivisme, behaviorisme, expérientiel, etc.), ainsi que les outils technologiques modernes (*Rasa*, *MediaPipe*, moteurs de jeux éducatifs).

Au-delà des aspects techniques, ce Master représente pour moi l'occasion de donner un cadre académique à un projet de cœur, né d'observations concrètes sur le terrain. Travailler avec des enfants en situation de handicap m'a profondément marqué : leurs efforts, leur motivation malgré les difficultés, et l'impact qu'un outil bien pensé peut avoir sur leur confiance ou leur autonomie m'ont convaincu de l'importance d'une approche à la fois bienveillante et innovante.

2 Présentation de l'association ASIMC

2.1 Historique de cette association

L'Institut d'Education Motrice (IEM) Madeleine Fockenbergh de Gonesse a ouvert en 1969. Depuis toujours, le sport a eu une place importante dans la vie de l'IEM, en étant utilisé comme moyen de rééducation et d'ouverture sur l'extérieur. Actuellement, l'IEM accueille, en internat et externat, 120 jeunes de 6 à 20 ans en situation de handicap moteur avec des troubles associés. Cet établissement est situé dans la commune de Gonesse (Val d'Oise) et fait partie de l'association Cap' Devant.

En 2001 a été créée l'association sportive (ASIMC Gonesse) qui a permis de développer davantage le sport et de participer à des rencontres handisports de tous niveaux (loisir, régional, national et même international). La figure 1 montre le sigle de cette association. L'ASIMC a été labélisée en 2018, notamment pour le développé couché handisport. Actuellement, 3 athlètes sont inscrits sur les listes de haut-niveau et participent à des compétitions internationales en vue de se qualifier pour les Jeux Paralympiques. A Rio en 2016, 2 athlètes issus de l'IEM ont participé aux Jeux en athlétisme et développé couché.

Depuis 2006, l'IEM a créé deux postes à temps plein de professeur d'EPS adaptée. Cela a permis un très fort développement du sport, en effet tous les jeunes de l'IEM ont une prise en charge sportive. L'un des professeurs d'EPS est également entraîneur de l'équipe de France de développé couché handisport depuis 2010.



FIGURE 1 – Sigle de l'association ASIMC

2.2 Effectif de cette association

Les membres de cette association ont entre 6 à 22 ans. On parle pour ces derniers d'un groupe "avenir" dont le but est de préparer leur orientation professionnelle. Deux disciplines sont souvent choisies : l'informatique ou la mécanique.

L'association que j'ai choisie s'occupe principalement du sport. Il n'existe en Ile de France que trois établissements qui s'occupent du sport pour personnes ayant un handicap. Au niveau national, la Fédération française handisport (FFH) est une association loi de 1901 chargée d'organiser, de promouvoir, de développer les activités physiques et sportives de compétition ou de loisir pour les personnes présentant une déficience motrice ou visuelle ou auditive. Elle est agréée par le ministère des Sports et a été reconnue d'utilité publique

le 17 juin 1983.

Cet établissement dépend de l'association Cap Devant mais elle en est relativement indépendante.

L'objectif principal de cette association est de diffuser le sport, de diffuser leurs activités, et peut-être ainsi de donner l'envie à d'autres associations de se développer. Il y a aujourd'hui autour d'une centaine de licenciés. Cette association ne s'adresse qu'aux personnes ayant un handicap moteur.

L'effectif professionnel de cette association est autour de six personnes et des intervenants externes qui complètent l'équipe des permanents de l'association. Voici dans la figure suivante l'organigramme du personnel de cette association. En terme de sport, le document ci-dessus présentent les diffé-

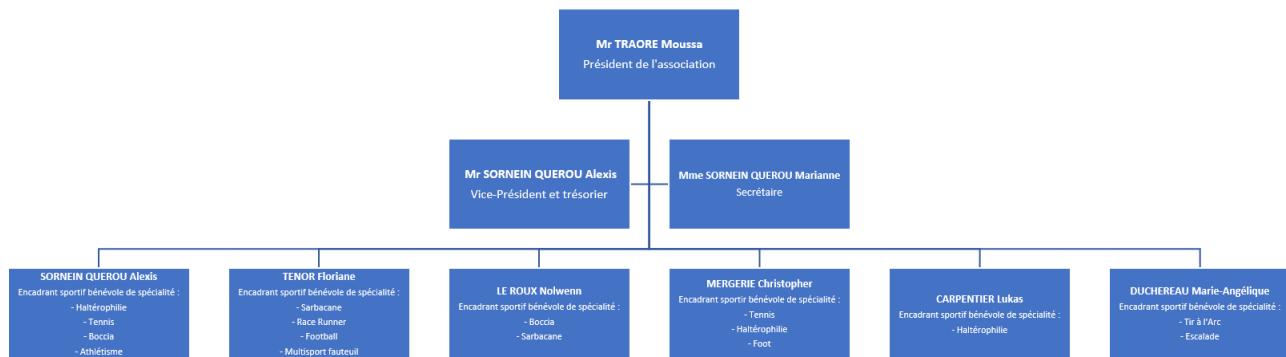


FIGURE 2 – L'organigramme de cette association

rents sports proposés par l'association. Les candidats doivent faire par ordre de préférence trois propositions pour une nouvelle année. En fonction des places et des capacités de chacun, l'association leur fera des propositions.

2.3 Les services offerts par cette association

L'association a principalement trois services à offrir à ces membres. Elle peut leur faire des propositions de compétitions. Elle leur propose également des entraînements à tous les niveaux. Certains sont débutants tandis que d'autres peuvent être proches d'un haut niveau sportif. Enfin, le troisième service est la propositions de projets inclusifs. Un exemple a été par exemple de proposer une mutualisation d'un programme sportif d'un collège en l'adaptant pour les jeunes de l'association.

2.4 Le positionnement par rapport à la concurrence

Il n'y a pas de concurrence à proprement parler entre les associations de cette même catégorie. L'une d'entre elle peut très bien envoyer l'un de ces jeunes pour faire un sport qu'elle n'offrirait pas. La seule concurrence qui existe est la compétition sportive.

2.5 Niveau d'informatisation dans l'association

Il n'y a pas de réelle informatisation de l'association. Leur seul outil informatique utilisé est Excel.

3 Les principes généraux des Serious Game

3.1 Les objectifs des Serious Game

Un Serious Game, ou jeu sérieux, est un jeu vidéo conçu avec un objectif principal autre que le simple divertissement. Il utilise les mécaniques du jeu (interactivité, immersion, défis, règles...) pour atteindre un but "sérieux" comme :

- l'éducation (apprendre des notions scolaires, développer des compétences),
- la formation professionnelle (entraîner des salariés, simuler des situations réelles),
- la santé (prévenir ou sensibiliser à des problèmes médicaux),
- la communication ou la propagande (faire passer un message, promouvoir une idée),
- la sensibilisation (écologie, citoyenneté, histoire...).

Les chercheurs ont identifié quatre grands modèles d'articulation entre le jeu et le contenu sérieux :

- Séparation jeu/sérieux : les contenus pédagogiques et les mini-jeux sont juxtaposés sans réelle intégration. Exemple : *Passeur de mémoire* [15]. Ce modèle est souvent inefficace.
- Parcours interactifs : le message est intégré dans une fiction interactive. Exemples : *Premiers combats* [16], *Nuit chaude, douche froide* [17]. Ces jeux sont plus proches de vidéos interactives que de jeux vidéo, ce qui limite leur impact ludique et pédagogique.
- Jeux d'énigmes : ils sollicitent la réflexion (ex. *Sauver Ada* [18], *Death in Rome*) [19]. Bien que plus engageants, ils ne garantissent pas l'assimilation du contenu éducatif.
- Jeux de gestion : ils simulent un univers à gérer, comme *Les îles du futur* [20]. Ce modèle est le plus prometteur, car le jeu et l'apprentissage sont étroitement liés via l'expérimentation.

3.2 L'origine des Serious Game

Les Serious Games, ou jeux sérieux, sont apparus officiellement au début des années 2000, mais leur origine s'ancre dans une histoire plus ancienne mêlant pédagogie et technologie. Dès le XXe siècle, des pédagogues comme Maria Montessori ont mis en avant l'importance du jeu dans l'apprentissage, notamment chez les jeunes enfants. Cependant, malgré ces avancées

théoriques, le jeu reste longtemps marginalisé dans les systèmes éducatifs traditionnels, limité aux petites classes.

L'arrivée des jeux vidéo dans les années 1980 bouleverse cette dynamique. Très vite adoptés par les jeunes générations, ils relancent l'intérêt pour des pédagogies plus ludiques. Dans les années 1990, apparaissent les premiers cd-rom ludo-éducatifs, qui promettent « d'apprendre en jouant ». Toutefois, ces produits sont souvent critiqués pour leur manque de réel plaisir ludique et leur approche trop scolaire.

C'est en 2002 qu'on date la naissance officielle des Serious Games, avec le lancement du jeu *America's Army* [22], financé par le gouvernement américain pour un budget de 7 millions de dollars. Ce jeu, basé sur les codes des jeux de tir à la première personne (FPS), visait à recruter et séduire de jeunes joueurs en valorisant l'image de l'armée américaine. Il a rencontré un double succès : à la fois comme outil de communication stratégique et comme véritable jeu vidéo, reconnu par les joueurs.

Suite à ce succès, Mike Zyda, l'un de ses concepteurs, a théorisé le concept de serious game en 2005. Selon lui, un serious game est d'abord un jeu vidéo complet, mais qui poursuit un objectif sérieux : former, informer, sensibiliser ou communiquer. Cette approche le distingue des anciens logiciels ludo-éducatifs, souvent perçus comme ennuyeux ou trop didactiques. Le serious game, lui, cherche à allier plaisir de jouer et utilité.

Ce nouveau genre de jeu a rapidement attiré l'attention des institutions publiques, des entreprises, ou encore du secteur éducatif. En France, les Serious Games ont été intégrés dans certains programmes scolaires dès 2012, notamment dans la filière STMG (Sciences et Technologies du Management et de la Gestion). Des jeux comme *EDF Park* [21], visant à sensibiliser à la gestion de l'énergie, ont alors été proposés en classe.

Ainsi, les Serious Games sont nés de la convergence entre les progrès des technologies numériques, les aspirations pédagogiques modernes, et les stratégies de communication institutionnelles. Ils représentent aujourd'hui une tentative d'utiliser les ressorts du jeu vidéo non plus seulement pour divertir, mais aussi pour former, sensibiliser et apprendre autrement.

3.3 Les limites des Serious Games

L'une des principales critiques concerne leur efficacité réelle dans l'apprentissage. Les études [23] montrent que de nombreux Serious Games ne parviennent pas à équilibrer correctement le plaisir du jeu et l'acquisition de connaissances. Si le jeu est trop amusant, le contenu sérieux passe au second plan. À l'inverse, si le contenu éducatif est trop présent, l'aspect ludique est négligé, rendant le jeu ennuyeux.

De plus, certains jeux sont jugés peu attractifs ou mal conçus par les jeunes joueurs, habitués à des jeux de divertissement bien plus aboutis. Résultat : ils ne suscitent ni engagement ni plaisir, ce qui nuit à l'apprentissage.

Apprendre par le jeu est complexe [LAV2019]. L'école valorise l'effort et l'abstraction, tandis que le jeu repose sur le plaisir immédiat. Certains apprentissages (primaires) peuvent s'acquérir par le jeu, comme le langage, mais les compétences secondaires (écriture, mathématiques) exigent rigueur et effort.

Il est donc illusoire de croire que les Serious Games peuvent remplacer les méthodes pédagogiques traditionnelles. Ils peuvent néanmoins enrichir les apprentissages de manière informelle, en complément.

3.4 Les Serious Games pour le handicap

Les Serious Games représentent une méthode innovante et efficace pour aborder la question du handicap dans différents contextes, notamment en entreprise, en milieu éducatif ou lors d'événements de sensibilisation. Ils s'appuient sur la puissance de l'interactivité pour transmettre des messages importants, tout en engageant activement les participants dans le processus d'apprentissage.

L'un des principaux atouts de ces jeux réside dans leur capacité à immerger les joueurs dans des situations concrètes, simulant des contextes où le handicap entre en jeu. Cela permet non seulement de mieux comprendre les réalités vécues par les personnes en situation de handicap, mais aussi de ressentir, à travers l'expérience ludique, les difficultés quotidiennes qu'elles peuvent rencontrer. Cette mise en situation encourage le développement de l'empathie et favorise une meilleure mémorisation des messages transmis.

Contrairement aux approches traditionnelles, souvent perçues comme descendantes ou théoriques, les Serious Games permettent de traiter le sujet du handicap de manière plus accessible et engageante. Le caractère ludique rend les participants plus réceptifs, même s'ils ne sont pas particulièrement sensibilisés au départ. Cela permet d'aborder un sujet parfois perçu comme délicat ou tabou sans stigmatiser ni culpabiliser, tout en ouvrant un espace de réflexion et de dialogue.

Un autre avantage des Serious Games est leur adaptabilité. Ils peuvent être conçus pour s'adresser à des publics variés, qu'il s'agisse de salariés, d'élèves, de cadres, ou encore de responsables des ressources humaines. Certains jeux sont même conçus pour être accessibles à des personnes en situation de handicap, ce qui en fait des outils véritablement inclusifs. Enfin, leur déploiement peut se faire aussi bien en présentiel qu'en ligne, ce qui renforce leur portée.

De plus, de nombreux jeux intègrent des mécanismes d'évaluation qui permettent de mesurer l'impact de la sensibilisation, en comparant par exemple les perceptions ou les connaissances des participants avant et après l'expérience de jeu. Cela en fait également un outil stratégique pour les organisations souhaitant mesurer les effets concrets de leur politique d'inclusion.

Ainsi, les Serious Games s'imposent comme une approche pertinente, humaine et moderne pour sensibiliser efficacement aux enjeux du handicap. Ils favorisent non seulement une meilleure compréhension des réalités vécues, mais contribuent également à l'évolution des comportements et à la construction d'environnements plus inclusifs.

4 Etude de travaux théoriques sur les Serious Games

4.1 Etude de la motivation

La motivation constitue un levier central dans tout processus d'apprentissage, et son rôle est particulièrement amplifié dans le contexte des Serious Games. En effet, ces jeux visent à mobiliser les dynamiques du jeu vidéo — habituellement orientées vers le plaisir et le divertissement — au service d'objectifs sérieux, tels que l'éducation, la formation ou la sensibilisation. Les théories classiques de la motivation, comme celle de l'autodétermination [DEC2000], permettent d'analyser la manière dont les Serious Games peuvent favoriser la motivation intrinsèque (intérêt personnel, plaisir de découvrir) ou extrinsèque (récompenses, objectifs imposés). Le concept de flow de Csikszentmihalyi [5] est également central : il désigne un état d'immersion optimale, atteint lorsque le défi proposé est en adéquation avec les compétences perçues du joueur. L'étude de la motivation permet ainsi de mieux comprendre pourquoi et comment un Serious Game peut engager durablement un utilisateur dans une tâche complexe, et favoriser un apprentissage profond.

4.1.1 La pyramide de Maslow et la motivation dans les Serious Games

Parmi les grandes théories explicatives de la motivation humaine, celle d'Abraham Maslow [6] occupe une place centrale. Il propose une hiérarchisation des besoins humains, représentée sous forme d'une pyramide composée de cinq niveaux. Chaque niveau correspond à un type de besoin, allant des plus fondamentaux aux plus complexes :

- **Besoins physiologiques** : besoins vitaux comme manger, boire, dormir.
- **Besoins de sécurité** : stabilité, santé, protection.
- **Besoins d'appartenance** : relations sociales, amour, inclusion dans un groupe.
- **Besoins d'estime** : reconnaissance, respect, confiance en soi.
- **Besoins d'accomplissement de soi** : réalisation personnelle, créativité, développement du potentiel.

Selon Maslow, un individu cherche d'abord à satisfaire les besoins les plus basiques avant de pouvoir s'investir pleinement dans des activités relevant des niveaux supérieurs, comme l'apprentissage ou la créativité.



FIGURE 3 – La pyramide de Maslow

Dans le cadre des Serious Games, cette théorie permet de mieux comprendre les mécanismes de motivation que ces dispositifs peuvent activer. En effet, bien que les besoins physiologiques et de sécurité soient généralement satisfaits en dehors du jeu, les Serious Games peuvent efficacement mobiliser les trois niveaux supérieurs, souvent déterminants dans l'engagement cognitif et émotionnel de l'apprenant.

D'une part, les jeux collaboratifs répondent aux besoins sociaux (niveau 3) en favorisant les interactions, le travail d'équipe et le sentiment d'appartenance à une communauté. D'autre part, les besoins d'estime (niveau 4) sont stimulés par des mécanismes de récompense et de reconnaissance : score, badges, progression, retour positif. Ces éléments renforcent la confiance en soi et le sentiment de compétence. Enfin, les jeux qui placent l'apprenant dans une démarche active et signifiante permettent de satisfaire le besoin d'accomplissement de soi (niveau 5), notamment à travers la résolution de problèmes complexes, la prise de décision autonome et le développement de compétences transversales.

Ainsi, la pyramide de Maslow offre une grille de lecture pertinente pour analyser l’engagement dans les Serious Games. En répondant simultanément à plusieurs niveaux de besoins psychologiques, ces dispositifs sont en mesure de favoriser une motivation profonde et durable, condition essentielle pour un apprentissage efficace.

Si la motivation constitue un moteur essentiel de l’engagement dans un Serious Game, encore faut-il que cet engagement soit structuré par une démarche pédagogique cohérente. C’est dans cette perspective que les approches pédagogiques permettent de donner du sens à l’expérience ludique en orientant l’activité du joueur vers des objectifs d’apprentissage clairement définis.

4.1.2 La théorie de l’autodétermination et son application aux Serious Games

La *théorie de l’autodétermination* (Self-Determination Theory, ou SDT) [DEC2000], développée par Edward Deci et Richard Ryan dans les années 1980, constitue l’un des cadres théoriques majeurs pour comprendre les mécanismes de la motivation humaine, en particulier dans les contextes éducatifs.

Besoins psychologiques (SDT)	Définition	Traduction dans un Serious Game
Autonomie	Sentiment de contrôle sur ses actions ; capacité à faire des choix personnels	Liberté dans les décisions, scénarios ramifiés, personnalisation de l’avatar ou du parcours
Compétence	Sentiment d’efficacité et de progression face à des défis	Difficulté progressive, feedback immédiat, récompenses symboliques (badges, scores)
Relation sociale	Sentiment d’appartenance, d’être reconnu et soutenu par les autres	Jeux collaboratifs, multi-joueurs, interaction avec des pairs ou des PNJ empathiques

TABLE 1 – Application de la théorie de l’autodétermination (Deci & Ryan) au design des Serious Games

Selon cette théorie, la motivation repose sur la satisfaction de trois besoins psychologiques fondamentaux comme le montre la table 1 :

- **Le besoin d’autonomie** : le sentiment d’être à l’origine de ses propres actions, de faire des choix libres et autodéterminés.
- **Le besoin de compétence** : le sentiment d’efficacité personnelle, de maîtrise progressive des tâches proposées.

- **Le besoin de relation sociale** : le fait de se sentir connecté aux autres, soutenu et intégré dans un groupe.

La SDT distingue également deux grands types de motivation :

- *La motivation extrinsèque*, guidée par des récompenses ou des contraintes extérieures (notes, diplômes, reconnaissance).
- *La motivation intrinsèque*, qui naît de l'intérêt ou du plaisir que l'on trouve dans l'activité elle-même.

Les Serious Games offrent un terrain particulièrement favorable à l'activation de ces besoins fondamentaux. En effet, un jeu sérieux bien conçu permet :

- de favoriser l'**autonomie** en laissant à l'utilisateur des choix significatifs dans le déroulement du jeu ou la résolution de problèmes ;
- de renforcer le sentiment de **compétence** grâce à des défis adaptés, des retours immédiats et une progression visible ;
- de répondre au besoin de **relation sociale** par des mécaniques collaboratives ou compétitives dans des environnements multi-joueurs ou de groupe.

En satisfaisant ces besoins, les Serious Games peuvent activer une **motivation intrinsèque** puissante, facteur clé d'un apprentissage profond, durable et autonome. L'intégration des principes de la Self-Determination Theory dans la conception de ces jeux constitue donc un levier essentiel pour maximiser leur efficacité pédagogique.

4.1.3 Le modèle ARCS de Keller et son lien avec les Serious Games

Le chercheur John M. Keller [KEL1987] a développé dans les années 1980 un modèle théorique pour comprendre et stimuler la motivation des apprenants : le modèle **ARCS**, acronyme de quatre dimensions essentielles à prendre en compte dans la conception pédagogique :

- **A – Attention** : il s'agit de capter puis maintenir l'attention de l'apprenant, à travers des éléments visuels, des défis, ou des situations surprenantes.
- **R – Pertinence (Relevance)** : le contenu doit faire sens pour l'apprenant, en lien avec ses besoins, son expérience ou ses objectifs personnels.
- **C – Confiance (Confidence)** : l'apprenant doit croire en sa capacité à réussir ; cela passe par une difficulté progressive, un sentiment de contrôle et des feedbacks positifs.

- **S – Satisfaction** : le sentiment d’accomplissement et la reconnaissance de l’effort (réussite, récompense, utilité perçue) renforcent la motivation.

Dimension (ARCS)	Définition	Application dans les Serious Games
Attention	Capter et maintenir l’attention de l’apprenant	Graphismes dynamiques, narration engageante, défis variés, éléments interactifs
Pertinence	Donner du sens à l’apprentissage en lien avec les besoins de l’apprenant	Contextes réalistes (simulation métier, scénario narratif), objectifs clairs, utilité immédiate
Confiance	Renforcer le sentiment d’efficacité personnelle	Niveaux progressifs, feedbacks immédiats, liberté d’expérimenter sans sanction réelle
Satisfaction	Produire du plaisir et du sentiment d’accomplissement	Récompenses symboliques (badges, scores), autonomie, reconnaissance des progrès

TABLE 2 – Lien entre les dimensions du modèle ARCS et les leviers des serious games

Ce modèle permet de structurer des environnements d’apprentissage motivants, en s’assurant que ces quatre dimensions soient prises en compte dans le design pédagogique.

Dans le cas des *Serious Games*, le lien avec le modèle ARCS est particulièrement fort. Ces jeux peuvent activer chacun de ces leviers de manière ludique et interactive :

- **Attention** : Les Serious Games mobilisent des stimuli visuels et auditifs riches, des mécaniques de jeu dynamiques et une narration engageante.
- **Pertinence** : Les contenus sont souvent contextualisés (ex. simulations professionnelles ou scénarios réalistes), ce qui rend l’apprentissage concret et transférable.
- **Confiance** : Grâce aux niveaux progressifs, aux erreurs sans conséquences négatives, et aux retours immédiats, le joueur développe un sentiment de compétence.
- **Satisfaction** : Le jeu propose des récompenses symboliques (badges, scores, progression visible) et une reconnaissance du chemin parcouru.

Ainsi, un Serious Game bien conçu peut être interprété comme une mise en œuvre concrète du modèle ARCS. Il ne s’agit pas simplement de motiver

par le jeu, mais de structurer cette motivation pour soutenir un apprentissage durable et personnalisé.

4.2 Modèles d'apprentissage

Les Serious Games mobilisent diverses méthodes d'apprentissage actives et interactives, afin de placer l'apprenant au centre de son propre processus d'acquisition de compétences. Ils s'appuient sur plusieurs théories pédagogiques majeures qui valorisent l'engagement, l'expérimentation, la résolution de problèmes et l'interaction sociale. Parmi ces modèles, on retrouve notamment le constructivisme, le socio-constructivisme, l'apprentissage expérientiel, le behaviorisme et l'apprentissage par problème. Chacun d'eux propose une manière spécifique de concevoir l'apprentissage, influençant directement les choix de design et de mécanique des serious games.

4.2.1 Le constructivisme

Le constructivisme [7] est un courant théorique fondamental en sciences de l'éducation, principalement développé par Jean Piaget. Il repose sur l'idée que l'apprentissage est un processus actif de construction du savoir par l'apprenant lui-même. Selon cette approche, la connaissance n'est pas transmise de manière passive de l'enseignant à l'élève, mais construite par l'individu à travers ses interactions avec son environnement.

Pour Piaget, l'apprentissage se développe par stades successifs, au fil de mécanismes d'assimilation (intégration de nouvelles informations) et d'accommodation (réorganisation de structures mentales existantes). L'apprenant, confronté à des situations nouvelles, ajuste ses représentations internes pour résoudre des problèmes et donner du sens à son expérience.

Dans le contexte des Serious Games, le constructivisme se traduit par la conception de dispositifs interactifs qui offrent à l'apprenant des environnements riches en défis, en explorations libres et en expérimentations. Plutôt que de fournir directement des réponses, le jeu invite à la découverte active, à l'élaboration d'hypothèses et à la construction progressive de savoirs par l'action.

Les Serious Games inspirés par le constructivisme encouragent ainsi la réflexion autonome, la capacité d'adaptation, la créativité et le raisonnement logique. L'apprenant évolue dans un environnement complexe où il doit comprendre les mécanismes, tester des stratégies et apprendre de ses réussites comme de ses erreurs, favorisant ainsi un apprentissage profond et durable.

Exemples de serious games fondés sur le constructivisme

- **Minecraft : Education Edition** [11] : Jeu de construction en environnement ouvert, permettant aux élèves d'expérimenter, de créer et de résoudre des défis en autonomie.
- **Kerbal Space Program** [8] : Jeu scientifique où les joueurs construisent et lancent des fusées en apprenant par essais et erreurs les principes de la physique et de l'ingénierie spatiale.
- **Lightbot** [24] : Serious game d'initiation à la logique de programmation, où l'apprenant construit progressivement sa compréhension par la résolution de puzzles de difficulté croissante.
- **Crayon Physics Deluxe** [25] : Jeu de résolution de problèmes physiques encourageant la créativité, l'expérimentation et la construction de solutions personnelles.

4.2.2 Le socio-constructivisme

Le socio-constructivisme [8], principalement développé par Lev Vygotski, considère que l'apprentissage est indissociable du contexte social dans lequel il se construit. Selon cette approche, les connaissances ne sont pas simplement acquises de manière individuelle, mais émergent à travers les interactions avec autrui, notamment grâce au langage, à la collaboration et aux outils culturels. L'apprenant construit son savoir en s'appuyant sur les échanges avec ses pairs, les conseils d'experts et les médiations proposées dans son environnement.

Dans le cadre des Serious Games, le socio-constructivisme apporte une perspective essentielle en valorisant les dispositifs collaboratifs et interactifs. Les jeux sérieux exploitent ces principes en intégrant des mécaniques favorisant l'entraide, la communication, la co-construction de solutions et l'apprentissage en groupe. Les environnements numériques multi-joueurs, les missions en équipe ou les systèmes de feedback social (comme les forums, les classements collaboratifs ou les évaluations croisées) sont autant de moyens de mettre en œuvre une dynamique socio-constructiviste.

En mobilisant ce modèle d'apprentissage, les Serious Games permettent de développer non seulement des compétences cognitives, mais aussi des compétences sociales essentielles, telles que la communication, la coopération, le leadership ou encore la gestion de conflits. L'apprenant devient ainsi acteur de son apprentissage à travers un processus collectif, immersif et significatif, renforçant la motivation, l'engagement et l'efficacité du transfert des connaissances.

Exemple d'application : Classcraft [4] est un Serious Game éducatif conçu pour favoriser la coopération, la responsabilisation et l'engagement des élèves au sein de la classe. Inspiré des jeux de rôle en ligne massivement multijoueurs (MMORPG), il transpose les dynamiques collaboratives dans un contexte scolaire.

Chaque élève incarne un personnage aux compétences spécifiques (guérisseur, mage ou guerrier) et doit coopérer avec ses coéquipiers pour progresser collectivement. Les actions individuelles ont des répercussions sur le groupe entier, renforçant l'interdépendance positive et la nécessité de communiquer, de s'entraider et de résoudre des problèmes ensemble.

Classcraft illustre parfaitement l'approche socio-constructiviste dans les Serious Games : l'apprentissage émerge des interactions sociales, du soutien mutuel et de la négociation collective. Ce type de dispositif contribue à développer des compétences sociales essentielles — communication, coopération, résolution de conflits — tout en favorisant l'engagement scolaire et la responsabilisation de l'apprenant au sein d'une communauté d'apprentissage dynamique.

Exemples de Serious Games à dimension socio-constructiviste

- **Classcraft** : Jeu de rôle éducatif favorisant la coopération, l'entraide et la responsabilisation au sein de la classe.
- **Keep Talking and Nobody Explodes** [26] : Jeu collaboratif où un joueur voit une bombe et doit suivre les instructions d'autres joueurs pour la désamorcer, mettant en avant la communication et la coordination.
- **Mission US** : Série de Serious Games historiques où les apprenants doivent collaborer et négocier pour réussir dans des contextes complexes et interactifs.
- **Escape games pédagogiques** : Jeux d'évasion en équipe nécessitant la résolution collective d'énigmes, renforçant la coopération et la réflexion collective.

4.2.3 L'apprentissage expérientiel

L'apprentissage expérientiel [9] est un modèle théorisé principalement par David Kolb, qui conçoit l'apprentissage comme un processus cyclique reposant sur l'expérience directe de l'apprenant. Selon cette approche, la connaissance n'est pas simplement transmise de manière abstraite ; elle émerge de l'interaction dynamique entre l'action, la réflexion, la conceptualisation et la

réexpérimentation.

Le modèle de Kolb se compose de quatre étapes successives :

- **L'expérience concrète** : vivre une situation réelle ou simulée ;
- **L'observation réfléchie** : analyser et questionner ce qui a été vécu ;
- **La conceptualisation abstraite** : formuler des principes généraux ou des modèles théoriques à partir de l'expérience ;
- **L'expérimentation active** : tester les nouvelles connaissances dans des situations futures.

Dans le contexte des Serious Games, l'apprentissage expérientiel est particulièrement pertinent, car ces jeux placent l'apprenant dans des environnements immersifs où il peut expérimenter, prendre des décisions, constater les conséquences de ses choix et ajuster ses actions en fonction des retours obtenus. Cette dynamique favorise une implication cognitive et émotionnelle forte, contribuant à un ancrage durable des apprentissages.

Les simulations professionnelles, les jeux de rôle, ou encore les Serious Games de formation à la gestion de crise illustrent parfaitement cette approche. En permettant aux joueurs d'agir dans un contexte réaliste, d'observer les effets de leurs décisions et de réajuster leurs stratégies, les Serious Games offrent un cadre optimal pour développer des compétences complexes, comme la prise de décision, l'adaptabilité, la résolution de problèmes et la pensée critique.

Ainsi, en mobilisant l'apprentissage expérientiel, les Serious Games contribuent à former des apprenants autonomes, réflexifs et capables de transférer leurs acquis dans des situations nouvelles et variées.

Exemples de Serious Games fondés sur l'apprentissage expérientiel

- **SimCityEDU** [27] : Jeu de simulation urbaine où les élèves doivent gérer une ville en équilibre avec des objectifs environnementaux et économiques, permettant l'expérimentation et l'analyse de leurs décisions.
- **Pulse !!** [28] : Simulateur médical pour étudiants en soins infirmiers et en médecine, offrant un environnement immersif pour pratiquer la prise de décisions cliniques en situation simulée.
- **Jeu de rôle "Inside the Haiti Earthquake"** [29] : Serious game immersif plaçant l'utilisateur dans la peau d'un travailleur humanitaire suite à un séisme, où il doit agir et réagir en fonction de situations complexes et réalistes.
- **Flight Simulator** [30] : Simulateur d'aviation permettant aux apprentis pilotes de vivre des expériences proches de la réalité pour apprendre la maîtrise des aéronefs par l'expérience répétée.

Ainsi, si l'apprentissage expérientiel met l'accent sur l'importance de l'action et de la réflexion dans un cycle continu, d'autres approches pédagogiques privilégient des mécanismes plus directs et observables de modification du comportement. C'est notamment le cas du behaviorisme, qui repose sur le principe du conditionnement et du renforcement pour guider les apprentissages et les changements de conduite.

4.2.4 Le behaviorisme

Le behaviorisme [10] est un courant théorique majeur en psychologie de l'apprentissage, développé notamment par John B. Watson, Ivan Pavlov et B.F. Skinner au début du XX^e siècle. Il repose sur l'idée que l'apprentissage est essentiellement un changement durable de comportement, résultant de l'interaction entre un individu et son environnement. Le behaviorisme s'intéresse exclusivement aux comportements observables, laissant de côté les processus mentaux internes, jugés difficilement mesurables.

Deux mécanismes centraux caractérisent cette approche :

- **Le conditionnement classique** (Pavlov) : apprentissage par association entre un stimulus neutre et une réponse réflexe.
- **Le conditionnement opérant** (Skinner) : apprentissage par renforcement ou punition des comportements émis par l'apprenant.

Dans le contexte des serious games, les principes behavioristes se traduisent principalement par l'utilisation de mécaniques de récompense et

de feedback immédiat pour renforcer les comportements souhaités. Points, badges, classements, niveaux, trophées ou accès à de nouveaux contenus sont autant d'éléments conçus pour encourager l'apprentissage par la motivation extrinsèque.

Les jeux sérieux fondés sur le behaviorisme visent à installer progressivement de nouveaux comportements, à automatiser des savoir-faire ou à renforcer des habitudes spécifiques, particulièrement dans les domaines de la formation professionnelle, de l'apprentissage de procédures ou de la sensibilisation à certains comportements (ex : gestes de premiers secours, sécurité au travail).

Ainsi, en s'appuyant sur le renforcement positif et la gratification immédiate, les serious games inspirés du behaviorisme favorisent l'engagement répétitif de l'apprenant et l'automatisation progressive des compétences visées.

Exemples de Serious Games fondés sur les principes behavioristes

- **Duolingo** [31] : Application d'apprentissage des langues utilisant la répétition, la progression par niveaux, les récompenses par badges et la gratification immédiate pour renforcer la pratique quotidienne.
- **Re-Mission** [32] : Serious game conçu pour les jeunes patients atteints de cancer, où le joueur tue des cellules cancéreuses ; des renforcements positifs immédiats encouragent l'adhésion aux traitements.
- **Foldit** [33] : Jeu scientifique où les joueurs manipulent des protéines pour les replier correctement ; le feedback immédiat sur les scores guide les comportements de recherche optimaux.
- **J'apprends la sécurité** [34] : Serious game pour enfants axé sur l'apprentissage de comportements sécuritaires au quotidien par répétition, feedback immédiat et récompenses ludiques.

Le behaviorisme, en mettant l'accent sur les comportements observables et leur renforcement, offre ainsi aux serious games des outils puissants pour guider et installer progressivement des compétences ciblées. Toutefois, pour viser des apprentissages plus profonds et mobiliser des capacités de raisonnement critique ou de résolution de problèmes complexes, d'autres approches pédagogiques, telles que l'apprentissage par problème, peuvent également être mobilisées.

4.2.5 L'apprentissage par problème

L'apprentissage par problème [11] (Problem-Based Learning, PBL) est une approche pédagogique développée initialement dans le domaine médical à la fin des années 1960, notamment à l'Université McMaster au Canada. Cette méthode repose sur le principe que l'apprentissage est plus efficace lorsque les apprenants sont confrontés à des problèmes complexes, authentiques et ouverts, pour lesquels ils doivent mobiliser, rechercher et structurer eux-mêmes les connaissances nécessaires à leur résolution.

Le processus de l'apprentissage par problème suit généralement plusieurs étapes :

- **Présentation d'un problème complexe** sans solution immédiate évidente.
- **Analyse collective du problème** et identification des besoins d'apprentissage.
- **Recherche d'informations et auto-formation** individuelle ou en groupe.
- **Synthèse des connaissances acquises** et élaboration d'une solution justifiée.

Dans le cadre des Serious Games, le PBL trouve une application naturelle : de nombreux jeux sérieux sont construits autour de scénarios où le joueur est plongé dans des situations-problèmes qu'il doit analyser, comprendre et résoudre. Le jeu ne fournit pas directement les réponses, mais pousse l'apprenant à explorer l'environnement, à formuler des hypothèses, à expérimenter différentes stratégies et à collaborer avec d'autres joueurs si nécessaire.

Cette approche favorise le développement de compétences transversales telles que la pensée critique, la capacité à rechercher et traiter l'information, la résolution de problèmes complexes et le travail en équipe. Les Serious Games qui mobilisent le PBL sont particulièrement utilisés dans les domaines de la santé, de l'ingénierie, du management ou encore de l'éducation au développement durable.

Ainsi, en structurant l'apprentissage autour de la résolution active de problèmes, les Serious Games renforcent l'autonomie des apprenants, leur capacité d'analyse et leur motivation intrinsèque face aux défis proposés.

Exemples de serious games fondés sur l'apprentissage par problème

- **Diagnosia** [35] : Jeu médical où les étudiants doivent poser un diagnostic en analysant les symptômes d'un patient virtuel, en mobilisant leurs connaissances médicales et en recherchant des informations pertinentes.
- **Mission Ocean** [36] : Serious game éducatif où les joueurs doivent résoudre des problématiques liées à la pollution des océans en menant des enquêtes scientifiques, nécessitant réflexion et analyse critique.
- **Crisis Response** [37] : Jeu de simulation de gestion de crise où les joueurs doivent coordonner les actions d'une équipe de secours face à des situations d'urgence complexes.
- **Enercities** [38] : Jeu de stratégie environnementale où les apprenants doivent développer une ville durable en équilibrant ressources, énergie et développement économique, tout en faisant face à divers défis.

L'ensemble des modèles d'apprentissage mobilisés dans la conception des serious games — du constructivisme au behaviorisme, en passant par l'apprentissage expérientiel et l'apprentissage par problème — illustre la diversité des approches pédagogiques possibles. Chaque modèle propose des leviers spécifiques pour favoriser l'engagement, la construction des savoirs et le développement de compétences variées. En articulant judicieusement ces différentes perspectives, les serious games peuvent ainsi offrir des environnements d'apprentissage riches, motivants et adaptatifs, capables de répondre aux besoins hétérogènes des apprenants.

Les choix pédagogiques opérés dans la conception d'un serious game s'appuient également sur une compréhension fine des processus cognitifs impliqués dans l'apprentissage. En ce sens, les apports des sciences cognitives et des neurosciences permettent de prolonger la réflexion sur les effets du jeu sérieux, en analysant plus précisément les mécanismes mentaux qu'il sollicite.

4.3 Approches cognitives et neurosciences

4.3.1 Les sciences cognitives : modéliser le fonctionnement mental

Les sciences cognitives visent à comprendre les processus mentaux impliqués dans la perception, la mémoire, le raisonnement, le langage, l'apprentissage ou encore la prise de décision. Elles considèrent l'esprit comme un système de traitement de l'information, utilisant des modèles inspirés de l'in-

formatique, de la psychologie expérimentale, de la linguistique ou encore de l'intelligence artificielle.

Les méthodes employées incluent des expériences comportementales, des tâches expérimentales contrôlées et des modélisations théoriques. L'accent est mis sur la manière dont l'individu traite activement les informations (sélection, organisation, stockage, récupération) et sur la notion de **charge cognitive**.

Ces approches ont des implications concrètes dans de nombreux domaines : pédagogie, design d'interface, ergonomie, robotique cognitive, etc. En éducation, elles permettent d'adapter les supports d'apprentissage à la mémoire de travail ou aux processus attentionnels.

4.3.2 Les neurosciences : explorer les mécanismes cérébraux

Les neurosciences s'intéressent aux bases biologiques du comportement humain. Elles analysent comment les structures et les fonctions cérébrales participent aux différents processus mentaux, qu'il s'agisse de perception, d'émotion, de motricité ou de cognition.

Grâce à des outils comme l'IRM fonctionnelle (IRMf), l'électroencéphalographie (EEG), ou la stimulation magnétique transcrânienne (TMS), les neurosciences permettent d'identifier les **zones cérébrales activées** lors de certaines tâches (par exemple, le cortex préfrontal pour la planification, l'hippocampe pour la mémoire, l'amygdale pour les émotions).

Elles apportent une compréhension fine de la **plasticité cérébrale**, c'est-à-dire la capacité du cerveau à se modifier en fonction des expériences et des apprentissages. Cette plasticité est un enjeu fondamental pour l'adaptation pédagogique et la remédiation cognitive.

4.3.3 Conclusion : Les Serious Games, une application prometteuse

L'essor des Serious Games coïncide avec un intérêt croissant pour les mécanismes cognitifs et neurobiologiques sous-jacents à l'apprentissage. Les sciences cognitives permettent de mieux comprendre comment les jeux influencent des fonctions comme l'attention, la mémoire de travail, la prise de décision ou encore la résolution de problèmes. Les neurosciences, quant à elles, apportent des éclairages sur les circuits cérébraux activés lors de l'apprentissage ludique, notamment ceux liés à la récompense, à l'engagement émotionnel ou à la plasticité cérébrale. Certains travaux [39] montrent que les jeux bien conçus peuvent renforcer certaines fonctions exécutives, améliorer la concentration, et favoriser la consolidation des connaissances. L'étude

de ces approches permet de penser les serious games non seulement comme des supports pédagogiques, mais aussi comme des outils cognitifs capables de stimuler l'activité cérébrale et d'optimiser l'apprentissage à long terme.

4.4 Conclusions

Les jeux développés dans le cadre de ce projet ont été pensés pour stimuler à la fois les compétences motrices, cognitives et sociales des utilisateurs en situation de handicap. Leur conception repose sur plusieurs courants pédagogiques majeurs qui se complètent pour créer des expériences d'apprentissage riches, accessibles et motivantes.

Tout d'abord, plusieurs jeux s'inspirent directement du bémorisme, notamment *Attrape les bulles*, *Imite le singe* ou encore *Tetris gestuel*. Ces jeux utilisent des mécanismes de renforcement immédiat : une bulle éclatée, un retour sonore, un message de félicitation ou d'encouragement apparaissent dès que l'utilisateur effectue l'action attendue. Le comportement correct est donc renforcé, ce qui favorise sa répétition. Ce type de retour clair et systématique est particulièrement utile pour des joueurs ayant besoin de repères simples, ou dans des contextes de rééducation motrice.

Le constructivisme, quant à lui, est à l'œuvre dans des jeux comme *Mind-Coders 3D* - Mastermind collaboratif ou *Mémo Picto*. Dans ces jeux, l'utilisateur est placé dans une situation où il doit découvrir par lui-même une règle ou une solution, à travers l'expérimentation, l'observation de ses erreurs et la déduction. L'apprentissage se construit progressivement à partir de l'expérience directe, des feedbacks fournis par le système, et de la possibilité de tester différentes stratégies. Cette approche permet de renforcer les capacités de raisonnement logique, de mémoire et de planification, notamment dans le cadre de handicaps cognitifs.

D'autres jeux relèvent du socio-constructivisme, particulièrement lorsqu'ils intègrent une composante interactive via un agent conversationnel comme *Rasa*. C'est le cas par exemple de *ChefFacile* ou de *Percée Douce*. Dans ces jeux, l'apprentissage ne se fait pas seulement en agissant, mais aussi en dialoguant. *Rasa* agit comme un partenaire pédagogique : il reformule, encourage, guide, et crée une forme de médiation sociale qui favorise la compréhension et l'autonomie. Cette relation, même virtuelle, permet à l'utilisateur de s'appuyer sur un soutien pour progresser, dans une dynamique d'apprentissage partagé.

Enfin, certains jeux sont marqués par l'apprentissage expérientiel, tel que *Conduite gestuelle*. Ce type d'apprentissage repose sur l'action et l'expérience directe : l'utilisateur apprend en "faisant", dans un environnement simulé mais réaliste. L'interaction corporelle, la prise de décision en temps réel et la

nécessité d'adapter ses gestes à la situation rendent l'apprentissage concret et applicable à des situations de la vie quotidienne. L'expérience devient alors source de compréhension, d'ajustement et d'amélioration.

En résumé, les jeux proposés ne relèvent pas d'une seule méthode, mais articulent plusieurs approches pédagogiques pour répondre à des besoins variés. Le béhaviorisme structure le renforcement des gestes moteurs simples, le constructivisme stimule la réflexion individuelle, le socio-constructivisme encourage l'interaction guidée avec un agent intelligent, et l'apprentissage expérientiel permet d'ancrer les apprentissages dans des situations proches de la réalité. C'est cette hybridation pédagogique qui rend les jeux à la fois efficaces, accessibles et adaptables à des profils d'utilisateurs très divers.

5 Quelques exemples de Serious Game pour le handicap

Les Serious Games trouvent une application particulièrement pertinente dans le domaine du handicap, en tant qu'outils de remédiation, de rééducation ou de compensation. Grâce à leur dimension interactive, immersive et adaptable, ces jeux sérieux peuvent être conçus pour répondre aux besoins spécifiques des personnes en situation de handicap, qu'il s'agisse de troubles cognitifs, moteurs, sensoriels ou neurodéveloppementaux (comme les troubles du spectre autistique ou les troubles DYS).

Ils permettent :

- de créer des environnements d'apprentissage **sécurisés et stimulants**,
- de favoriser la **motivation** et la **répétition des exercices**,
- d'encourager l'**autonomie** dans l'acquisition de compétences fonctionnelles ou sociales.

Appuyés par les sciences cognitives et les neurosciences, ces dispositifs peuvent être optimisés pour stimuler la plasticité cérébrale, renforcer des fonctions altérées ou faciliter la compensation des déficits, tout en proposant une expérience engageante adaptée aux capacités de chacun.

Dans cette perspective, nous présenterons quelques exemples de serious games conçus spécifiquement pour répondre aux besoins des personnes en situation de handicap.

5.1 MediMoov : un Serious Game pour le handicap

MediMoov [1] est un serious game à visée thérapeutique, spécifiquement conçu pour accompagner les patients dans leur processus de rééducation motrice et cognitive. Il s'inscrit dans une approche innovante de la rééducation, intégrant les technologies numériques au service de la santé, et s'appuie sur des principes issus des sciences du jeu, de la kinésithérapie et des neurosciences.

Ce dispositif interactif utilise des capteurs de mouvement, tels que la caméra Kinect, pour permettre au patient d'interagir avec un environnement virtuel par le biais de gestes corporels. Ces gestes, préalablement définis par des professionnels de santé, sont adaptés aux capacités fonctionnelles du patient ainsi qu'aux objectifs thérapeutiques fixés dans le cadre de son suivi. L'environnement ludique de *MediMoov* vise à renforcer la motivation du patient, un facteur souvent déterminant dans la réussite d'un programme de rééducation, en rendant les exercices plus engageants et moins rébarbatifs.

L'un des intérêts majeurs de cette solution réside dans sa capacité à fournir un retour immédiat sur la qualité et la précision des mouvements effectués. Ce retour en temps réel favorise l'ajustement des gestes et participe activement à l'apprentissage moteur. De plus, l'interface dédiée aux professionnels permet un paramétrage précis des exercices, un suivi individualisé des progrès, ainsi qu'une adaptation continue de la difficulté des activités en fonction de l'évolution clinique du patient.

MediMoov s'adresse à un large éventail de publics, notamment les personnes atteintes de troubles neurologiques (accidents vasculaires cérébraux, maladie de Parkinson), de pathologies orthopédiques ou encore les personnes âgées en perte d'autonomie fonctionnelle. Son utilisation est particulièrement pertinente dans les structures de soins spécialisées telles que les hôpitaux, les centres de rééducation, les cliniques ou les établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD).

Ce dispositif, développé en collaboration avec des professionnels de santé, repose sur des travaux de recherche clinique visant à en valider l'efficacité. Il s'inscrit pleinement dans les dynamiques actuelles de la e-santé, de la rééducation personnalisée et de la médecine participative. En alliant rigueur thérapeutique, innovation technologique et engagement du patient, *MediMoov* constitue une avancée significative dans le domaine de la rééducation assistée par les technologies numériques.

5.2 Toap Run : un Serious Game pour les patients atteints de la maladie de Parkinson

TOAP Run [40] (pour "Troubles de l'Orientation dans l'Espace chez les Patients atteints de Parkinson") est un jeu vidéo thérapeutique développé par l'Inserm et ses partenaires, destiné aux personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Objectif principal : Lutter contre les troubles de l'orientation spatiale en stimulant les capacités cognitives à travers un jeu immersif. Pourquoi ce jeu ? *TOAP Run* cible les dysfonctionnements cognitifs précoces, notamment les troubles de la navigation spatiale, souvent négligés chez les patients parkinsoniens.

Fonctionnement :

- Le joueur explore un environnement virtuel 3D
- Il doit collecter des objets et atteindre un objectif
- L'environnement évalue différentes stratégies d'orientation (repères allocentres et egocentres)

Validé scientifiquement :

- Utilisé dans des études cliniques

- Permet d'identifier les troubles cognitifs précoces
- Potentiel pour détecter une évolution vers des formes plus graves

Intérêts thérapeutiques :

- Stimulation cognitive ludique
- Suivi des performances au fil du temps
- Outil complémentaire dans un parcours de soins

Public visé :

- Patients atteints de Parkinson
- Professionnels de santé et chercheurs en neurosciences cognitives

5.3 Jeux sérieux et troubles du spectre de l'autisme

Le projet e-GOLIAH [41], mené par Genius Systèmes en partenariat avec le CRAIF et le CHU Pitié Salpêtrière, s'inscrit dans une dynamique de recherche appliquée visant à améliorer l'accompagnement des enfants atteints de troubles du spectre de l'autisme (TSA). En combinant les technologies numériques, comme les tablettes, et des approches thérapeutiques reconnues comme le modèle Early Start Denver (ESDM), ce projet a cherché à créer des outils innovants pour renforcer les interactions sociales, aussi bien au sein de la famille qu'en milieu thérapeutique.

Ce travail s'est appuyé sur une conception participative impliquant chercheurs, médecins, éducateurs et familles, afin de concevoir des jeux adaptés aux besoins réels des enfants. L'un des résultats majeurs du projet est la création du jeu numérique *GOLIAH*, testé cliniquement, qui peut être utilisé à domicile. Grâce à une plateforme dédiée, les thérapeutes peuvent suivre les progrès de l'enfant, adapter les niveaux de difficulté et ajuster les exercices en fonction de ses compétences. Cette approche permet une prise en charge intensive et personnalisée, tout en rendant le processus motivant pour l'enfant grâce à l'interactivité et à la participation des parents.

En parallèle, le document présente plusieurs autres jeux sérieux validés scientifiquement. Certains, comme *CopyMe* ou *Let's Face It!*, visent à développer la reconnaissance et l'expression des émotions. D'autres, tels que *JeStimule* ou *LIFEisGAME*, mettent l'accent sur l'apprentissage des codes sociaux et la stimulation multisensorielle. Des jeux comme *Mind Reading* ou *SmileMaze*, quant à eux, explorent la richesse des émotions humaines à travers des approches ludiques et interactives.

L'ensemble de ces outils montre un potentiel encourageant pour enrichir les pratiques d'accompagnement des enfants autistes. S'ils ne remplacent pas les thérapies traditionnelles, ils les complètent efficacement, à condition que leur utilisation soit encadrée et adaptée. Malgré certaines limites, notamment

en termes de validation clinique, ces jeux numériques ouvrent des perspectives concrètes pour améliorer la qualité de vie et la participation sociale des personnes avec TSA.

6 Le déroulement du projet

Phase	Durée	Objectifs
Analyse des besoins	1 mois	Interviews des handicapés et du personnel
Développement de la plateforme	1 mois	Environnement pour héberger les jeux
Développement des jeux	2 mois	Jeux pour handicap moteur et cognitif
Tests de la plateforme et des jeux	1 mois	Analyse des résultats
Rédaction du mémoire	1 mois	Rédiger le mémoire du Master

TABLE 3 – Phases du projet, leur durée et leurs objectifs

6.1 La phase d'interviews

La première étape du projet a consisté en une phase d'analyse des besoins, essentielle pour orienter le développement des jeux de manière adaptée et pertinente. J'ai débuté ce travail en rencontrant plusieurs personnes en situation de handicap. Lors de ces échanges, je leur ai proposé un ensemble de jeux afin d'évaluer leur intérêt, leurs préférences, ainsi que les éventuelles difficultés rencontrées. Ces interactions ont permis de recueillir des retours directs et précieux sur leurs attentes vis-à-vis de la plateforme, mais aussi sur leur motivation à participer à un tel projet. Le format des entretiens réalisés est présenté en annexe 1 et 2, une synthèse des types de handicaps rencontrés figure en annexe 3. La liste des jeux proposés lors de ces rencontres est consultable en annexe 4.

En complément, un questionnaire a été diffusé auprès du personnel soignant. L'objectif était d'obtenir leur avis sur la pertinence d'introduire des jeux dans le parcours de soin ou de rééducation, ainsi que sur les besoins spécifiques de leurs patients. Les réponses ont permis de mieux cerner les enjeux pratiques et thérapeutiques liés à l'usage de la plateforme dans un cadre médical. Ce questionnaire est reproduit en annexe 5.

Cette double approche — centrée à la fois sur les utilisateurs finaux et les professionnels de santé — a permis de construire une base solide et réaliste pour la suite du projet.

6.2 La phase de développement

À la suite de l'analyse des besoins, j'ai entamé la phase de développement, qui constitue la partie la plus longue et la plus technique du projet. En m'appuyant sur les retours recueillis auprès des personnes en situation

de handicap et du personnel soignant, j'ai conçu une plateforme numérique destinée à héberger l'ensemble des jeux. Cette plateforme permet non seulement l'accès aux jeux, mais aussi la collecte automatique des scores réalisés par les utilisateurs, facilitant ainsi l'analyse des performances et des progrès.

L'analyse préalable avait mis en évidence deux grands types de handicaps : les troubles moteurs et les troubles cognitifs. Afin de répondre spécifiquement à ces deux profils, j'ai choisi de développer dix jeux, répartis équitablement : cinq ciblant les capacités motrices, et cinq orientés vers les fonctions cognitives. Le choix des mécaniques de jeu a été guidé par les préférences exprimées lors des entretiens avec les usagers.

Cette phase s'est déroulée sur une période de trois mois : un mois a été consacré au développement de la plateforme elle-même, et deux mois à la création et à l'implémentation des dix jeux. L'objectif était de proposer un environnement ludique, accessible et pertinent, capable de s'adapter aux différents profils des utilisateurs tout en fournissant des données exploitables pour une éventuelle évaluation.

6.3 La phase de test

La phase de test constitue l'ultime étape du projet et a pour but d'évaluer concrètement l'utilisation de la plateforme et des jeux par les personnes en situation de handicap. Cette étape, en cours au moment de la rédaction de ce mémoire, revêt une importance particulière puisqu'elle permet de confronter les hypothèses formulées lors de l'analyse des besoins et les choix effectués durant le développement à la réalité du terrain.

Le protocole de test prévoit que les utilisateurs ciblés puissent accéder aux jeux dans un cadre accompagné, sous l'observation du personnel soignant. Les jeux sont utilisés à travers la plateforme, qui enregistre automatiquement les scores et les interactions. Cela permet d'obtenir des données objectives sur les performances, la fréquence d'utilisation, les éventuelles difficultés rencontrées, mais aussi sur la motivation et l'engagement des participants.

En parallèle, des échanges qualitatifs avec les participants et le personnel encadrant sont menés afin de recueillir leurs impressions, suggestions, ou remarques sur l'utilisabilité des jeux, leur intérêt perçu, et les aspects à améliorer. Ces retours sont essentiels pour affiner les jeux et optimiser leur adaptation aux besoins spécifiques.

Une analyse complète de cette phase sera intégrée dès que l'ensemble des tests sera finalisé. Elle viendra conclure le projet en fournissant un regard critique sur les résultats obtenus et sur les perspectives d'évolution du dispositif.

7 Les choix technologiques matériel et logiciel

7.1 Le matériel utilisé

- **PC portable** : utilisé pour exécuter le jeu, stocker les données utilisateurs et gérer les interactions en temps réel.
- **Vidéoprojecteur / écran géant** : diffuse le contenu du jeu à grande échelle, permettant à un groupe d'utilisateurs (élèves, patients, etc.) d'interagir ensemble ou tour à tour, dans un cadre motivant.
- **Contrôleurs / périphériques optionnels** : souris, clavier, télécommande ou interface tactile selon les besoins.



FIGURE 4 – Le jeu voiture en test

7.2 Le langage Python

Le développement de Serious Games, c'est-à-dire de jeux à visée éducative, professionnelle ou informative, nécessite des outils à la fois flexibles, accessibles et puissants. *Python*, associé à des bibliothèques comme *Pygame* et *Panda3D*, constitue une solution particulièrement bien adaptée à ce type de projets.

Python est un langage de programmation reconnu pour sa simplicité de syntaxe et sa lisibilité. Il permet de prototyper rapidement des idées de gameplay, d'intégrer facilement des algorithmes complexes (scénarisation adaptative, intelligence artificielle, analyse des données utilisateur, etc.) et de se concentrer davantage sur la logique pédagogique que sur les aspects techniques lourds. Son large écosystème et sa documentation abondante en font un excellent choix pour les développeurs, les chercheurs ou les enseignants.

Pygame, de son côté, est une bibliothèque légère dédiée au développement de jeux 2D. Elle permet de créer rapidement des interfaces interactives, des animations simples, et de gérer efficacement les entrées clavier, souris ou manette. Pour des serious games orientés sur des mécaniques simples (quiz animés, simulations 2D, expériences éducatives courtes), *Pygame* est parfaitement adapté, notamment dans un contexte d'apprentissage ou de prototypage.

Panda3D, quant à lui, est un moteur de jeu 3D plus complet, capable de gérer des environnements immersifs, des graphismes complexes, et même la réalité virtuelle. Développé à l'origine par Disney pour ses propres productions, il offre une intégration fluide avec *Python* tout en proposant des fonctionnalités avancées : rendu 3D temps réel, gestion des collisions, animations, et scripts personnalisés. Il est particulièrement adapté aux serious games immersifs, aux simulations professionnelles ou aux expériences de formation interactives en 3D.

En combinant ces outils, les développeurs peuvent choisir le bon niveau de complexité selon leurs objectifs. *Python* offre la logique, *Pygame* la simplicité, et *Panda3D* la puissance visuelle. Ensemble, ils forment un socle cohérent, accessible et extensible pour créer des jeux sérieux efficaces, pédagogiques et engageants.

7.3 L'outil *Mediapipe*

MediaPipe est un framework open-source développé par *Google*, conçu pour construire des pipelines multimédias temps réel. Il s'adresse principalement aux applications de vision par ordinateur et d'apprentissage automatique. Fonctionnant sur de multiples plateformes comme *Android*, *iOS*, *Web*,

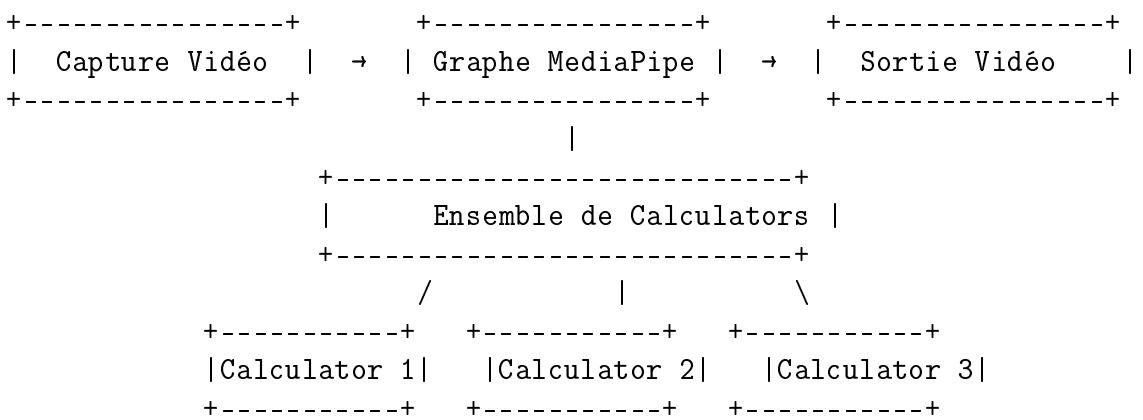
Linux, macOS et Windows. *MediaPipe* permet de traiter efficacement des flux vidéo et audio.

Le fonctionnement de *MediaPipe* repose sur une architecture de graphes où chaque nœud est appelé *Calculator*. Un graphe définit la manière dont les données circulent entre ces Calculators. Chaque Calculator effectue une opération spécifique : détection de visage, suivi de main, segmentation d'image, etc. Les données, encapsulées sous forme de Packets, circulent entre ces modules de traitement.

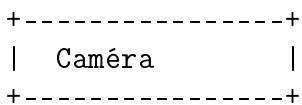
MediaPipe propose des modèles pré-entraînés et optimisés pour le temps réel. Il est interopérable avec *TensorFlow Lite*, ce qui facilite l'intégration de modèles supplémentaires. Le framework met l'accent sur des performances élevées, même sur les appareils mobiles.

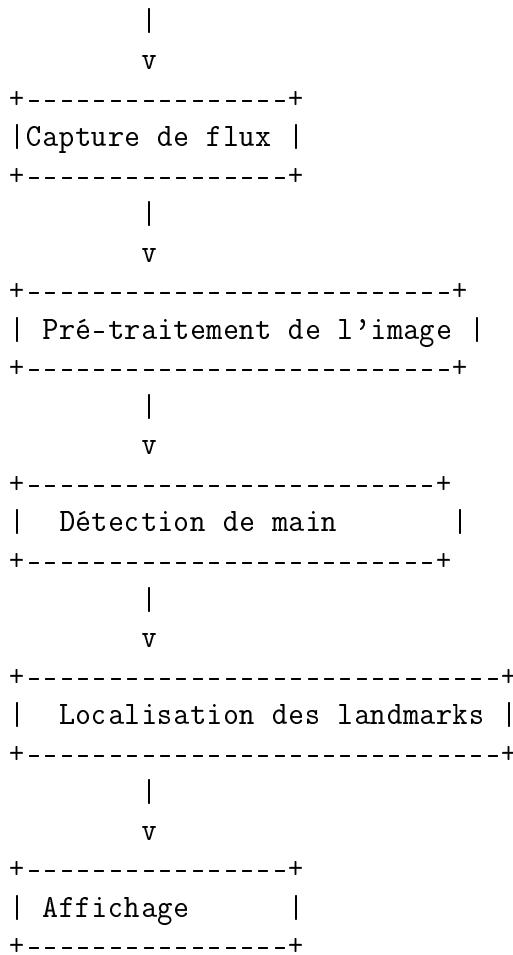
Plusieurs applications pratiques illustrent le potentiel de *MediaPipe*. Dans le domaine de la santé et du fitness, *MediaPipe Pose* permet de détecter et d'analyser les mouvements corporels pour des exercices de correction posturale. Dans la réalité augmentée, *MediaPipe Face Mesh* est utilisé pour générer des filtres de visage ultra-précis, très prisés dans les applications sociales comme *Instagram* ou *Snapchat*. Pour l'industrie du jeu vidéo, la reconnaissance de gestes avec *MediaPipe Hands* permet de créer des interactions naturelles sans recours à des contrôleurs physiques. En éducation, les applications de reconnaissance faciale ou de détection d'attention contribuent à suivre l'engagement des étudiants durant les cours en ligne.

Voici un schéma simplifié de l'architecture *MediaPipe* :



Un exemple plus concret pour une application de détection de main :





Exemple simple en *Python* pour la détection de la main avec *MediaPipe* :

```

1  import cv2
2  import mediapipe as mp
3
4  # Initialisation des modules MediaPipe pour la detection
5  # de mains
6  mp_hands = mp.solutions.hands
7  hands = mp_hands.Hands()
8
9  # Capture video a partir de la webcam
10 cap = cv2.VideoCapture(0)
11
12 while cap.isOpened():
13     success, frame = cap.read()
14     if not success:

```

```

15         break
16
17     # Conversion de l'image de BGR (OpenCV) a RGB
18     # (MediaPipe attend du RGB)
19     frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
20
21     # Traitement de l'image pour detecter les mains
22     results = hands.process(frame_rgb)
23
24     # Si des mains sont detectees
25     if results.multi_hand_landmarks:
26         for hand_landmarks in
27             results.multi_hand_landmarks:
28             # Dessin des points et des connexions sur
29             # l'image
30             mp_draw.draw_landmarks(frame,
31             hand_landmarks, mp_hands.HAND_CONNECTIONS)
32
33     # Affichage de l'image avec les annotations
34     cv2.imshow('MediaPipe Hands', frame)
35
36     # Sortie de la boucle si la touche "ESC" est pressee
37     if cv2.waitKey(5) & 0xFF == 27:
38         break
39
40     # Liberation des ressources
41     cap.release()
42     cv2.destroyAllWindows()

```

MediaPipe s'impose aujourd'hui comme une solution incontournable pour tout développeur ou chercheur souhaitant prototyper rapidement des applications avancées de vision par ordinateur tout en garantissant performance et compatibilité multiplateforme.

7.4 Le framework *Rasa*

Rasa est une plateforme open source conçue pour créer des assistants conversationnels capables de comprendre et de dialoguer en langage naturel. Contrairement à certaines solutions propriétaires hébergées dans le cloud, *Rasa* permet un contrôle total sur les données, l'infrastructure et le comportement du chatbot. Cela en fait un choix privilégié pour les entreprises soucieuses de la confidentialité, de la personnalisation ou de l'intégration dans des systèmes internes.

Le fonctionnement de *Rasa* repose sur deux grands axes : la compréhension du langage (NLU) et la gestion des dialogues. L'assistant identifie d'abord ce que veut dire l'utilisateur — par exemple, lorsqu'une personne écrit « bonjour », le système reconnaît qu'il s'agit d'une salutation. Si la phrase suivante est « comment vas-tu ? », l'intention de l'utilisateur est comprise comme une demande de confirmation de l'état du bot. Ces intentions sont apprises à partir d'exemples que le développeur fournit lors de la conception.

Prenons un exemple très simple d'assistant créé avec *Rasa* : un bot qui répond à un salut et à une question sur son humeur. Lorsqu'un utilisateur tape « salut », le bot répondra « Salut ! Comment puis-je t'aider ? ». Et s'il demande « comment tu vas ? », le bot dira « Je vais bien, merci ! Et toi ? ». Derrière ce fonctionnement se cache un petit ensemble de données d'apprentissage, deux intentions (« saluer » et « demander_humeur »), et deux réponses définies par le concepteur. Ce dialogue est modélisé dans *Rasa* à l'aide d'un petit scénario, ce qu'on appelle une “story”, qui permet de guider la conversation selon un ordre logique.

Ce qui rend *Rasa* particulièrement puissant, c'est que ce simple exemple peut ensuite être enrichi progressivement. On peut ajouter des réponses conditionnelles, des appels à des bases de données, des connexions à des systèmes internes ou des canaux externes comme un site web, Slack ou WhatsApp. On peut même définir des actions codées en *Python* pour générer des réponses dynamiques, comme rechercher un produit ou planifier un rendez-vous.

En résumé, *Rasa* permet de passer d'un assistant très simple à une solution conversationnelle complète, tout en gardant la maîtrise de chaque étape. C'est une approche qui convient particulièrement bien aux projets personnalisés, techniques, ou sensibles sur le plan des données.

Exemple simple d'assistant *Rasa*

Imaginons que nous souhaitons créer un assistant très simple. Il doit répondre à deux types de messages : une salutation, comme « bonjour » ou « salut », et une question comme « comment tu vas ? ».

Voici un aperçu minimal de la structure et du contenu des fichiers utilisés dans ce projet.

1. nlu.yml — Compréhension du langage

```
version: "3.1"
```

```

nlu:
- intent: saluer
  examples: |
    - bonjour
    - salut
    - hello
    - bonsoir

- intent: demander_humeur
  examples: |
    - comment ça va ?
    - tu vas bien ?
    - comment tu vas ?
    - ça va ?

```

2. domain.yml — Définition des intentions et réponses

```

version: "3.1"
intents:
- saluer
- demander_humeur

responses:
utter_saluer:
- text: "Salut ! Comment puis-je t'aider ?"
utter_humeur:
- text: "Je vais bien, merci ! Et toi ?"

```

3. stories.yml — Déroulé du dialogue

```

version: "3.1"
stories:
- story: scénario de base
  steps:
    - intent: saluer
    - action: utter_saluer
    - intent: demander_humeur
    - action: utter_humeur

```

4. config.yml — Pipeline de traitement

```
version: "3.1"
pipeline:
  - name: WhitespaceTokenizer
  - name: CountVectorsFeaturizer
  - name: DIETClassifier

policies:
  - name: RulePolicy
```

Utilisation

Une fois ces fichiers en place, il suffit d'entraîner le modèle avec la commande suivante :

```
rasa train
```

Puis de lancer une session de test en ligne de commande :

```
rasa shell
```

Le bot répondra alors de manière adaptée aux intentions détectées, selon le scénario défini.

7.5 Le framework *Yolo*

YOLO, acronyme de *You Only Look Once*, est un algorithme de détection d'objets particulièrement célèbre dans le domaine de la vision par ordinateur. Il a été introduit en 2016 avec une approche novatrice : plutôt que de procéder à une détection en plusieurs étapes comme le faisaient les méthodes classiques (ex. R-CNN), *YOLO* propose de traiter l'ensemble de l'image en une seule fois. Cette stratégie a pour effet de rendre le processus de détection extrêmement rapide, d'où son intérêt majeur pour les applications en temps réel telles que la surveillance vidéo, la conduite autonome ou la robotique.

Le fonctionnement de *YOLO* repose sur une idée simple mais puissante : diviser une image en une grille, puis faire en sorte que chaque cellule de cette grille prédise si un objet se trouve en son centre. Pour chaque cellule, le modèle produit plusieurs prédictions, comprenant les coordonnées de boîtes englobantes (bounding boxes), un score de confiance indiquant la probabilité qu'un objet soit présent, ainsi que la classe de l'objet (par exemple, "voiture", "piéton", "chat", etc.). L'ensemble du processus, de l'analyse de l'image à la

production des prédictions, est effectué en une seule passe dans le réseau de neurones, ce qui justifie le nom de l'algorithme.

Depuis sa première version, *YOLO* a connu de nombreuses évolutions. *YOLOv2* et *YOLOv3* ont amélioré la précision et la gestion d'objets de différentes tailles. *YOLOv4*, sorti en 2020, a optimisé le compromis entre performance et rapidité. *YOLOv5*, développé par Ultralytics, a démocratisé l'algorithme grâce à une interface *Python* simple d'utilisation, facilitant l'entraînement de modèles personnalisés. Les versions suivantes (*YOLOv6*, v7 et v8) ont continué à améliorer les performances, en réduisant la latence et en augmentant la précision sur des benchmarks standards comme *COCO*.

En 2025, *YOLOv12* a marqué une étape importante dans cette évolution. Cette version introduit une architecture hybride qui combine des réseaux convolutifs (CNN) et des transformateurs visuels (Vision Transformers). Cette hybridation permet à *YOLOv12* de mieux capturer les relations spatiales complexes dans l'image, tout en maintenant une efficacité de calcul. L'un des apports majeurs de *YOLOv12* réside aussi dans son adaptabilité : il intègre des techniques de recherche d'architecture automatique (Neural Architecture Search, NAS), ce qui permet d'optimiser le modèle en fonction du matériel sur lequel il sera déployé (GPU, CPU, *edge devices*).

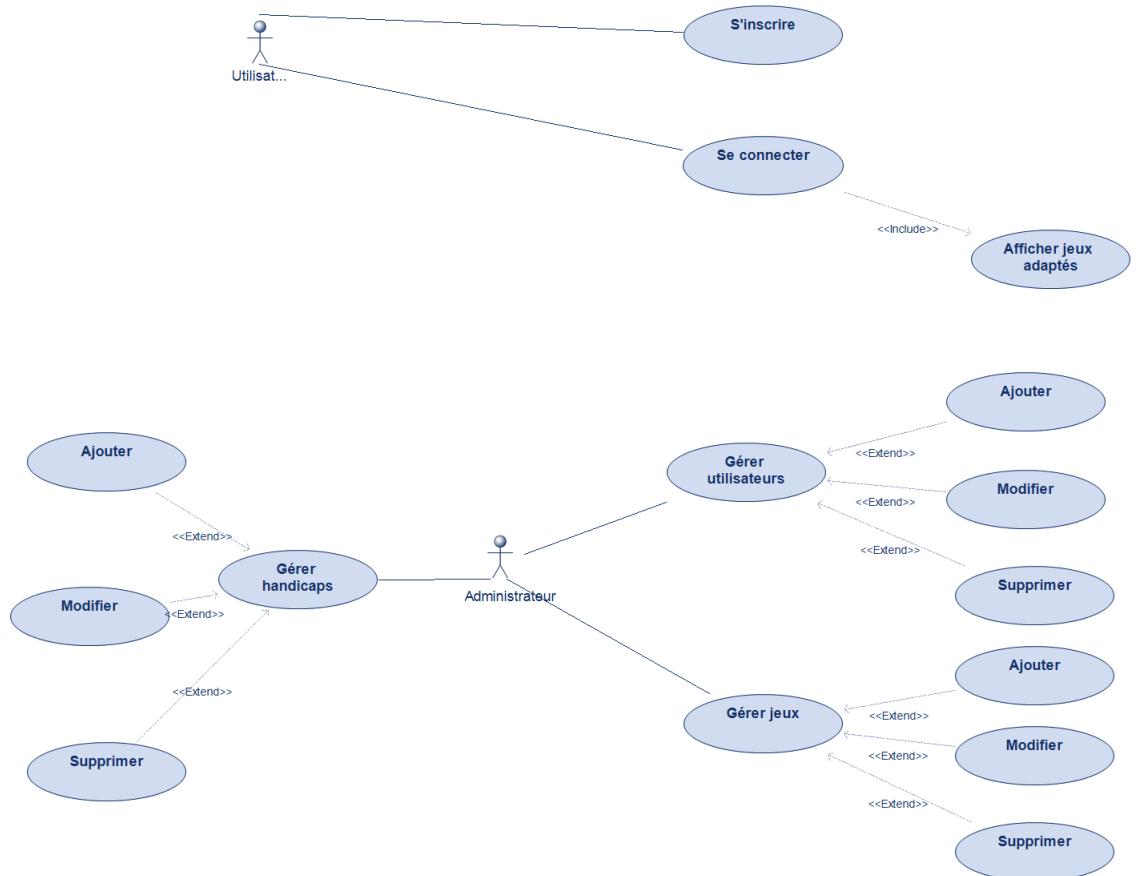
Parmi les autres innovations notables, *YOLOv12* introduit un apprentissage compatible avec la quantification (QAT), rendant le modèle beaucoup plus léger sans dégradation significative des performances. Cela facilite son déploiement sur des appareils embarqués ou des téléphones mobiles. *YOLOv12* est également capable d'intégrer des données multi-modales, en combinant par exemple des informations visuelles et textuelles, ce qui ouvre la voie à des usages plus riches dans des contextes de réalité augmentée, de reconnaissance de scène ou d'assistance robotique.

Sur le plan des résultats, *YOLOv12* surpassé les versions précédentes avec un gain de plus de 12 % en précision moyenne (mAP) sur le jeu de données *COCO*. Il se distingue particulièrement dans la détection d'objets de petite taille et dans les scènes encombrées. De plus, il offre une réduction de la latence de près de 30 % sur GPU et 50 % sur CPU avec quantification activée, ce qui en fait une solution de choix pour les systèmes temps réel.

En résumé, *YOLO* a transformé la détection d'objets en proposant une approche rapide, efficace et de plus en plus intelligente. *YOLOv12* prolonge cette tradition d'innovation en introduisant une architecture plus flexible, plus performante et parfaitement adaptée aux contraintes actuelles des systèmes embarqués et des applications complexes.

8 Le développement de la plateforme

8.1 L'analyse des besoins de la plateforme



Ce projet est une plateforme logicielle développée en *Python*, utilisant la bibliothèque *Tkinter* pour la création de l'interface graphique et *SQLite* pour la gestion des données. Son objectif principal est de rendre les jeux vidéo accessibles aux personnes en situation de handicap, en leur proposant une sélection de jeux personnalisée en fonction de leurs besoins.

Lors de l'inscription, l'utilisateur fournit ses informations personnelles ainsi que ses types de handicaps parmi une liste prédéfinie. Ces données permettent ensuite d'afficher uniquement les jeux compatibles avec son profil. La relation entre utilisateurs, handicaps et jeux est gérée de manière efficace grâce à une base de données relationnelle bien structurée.

L'interface graphique est simple, mais elle couvre l'ensemble des besoins

fonctionnels essentiels. Elle permet aux utilisateurs de s'inscrire, de se connecter et d'accéder à des jeux adaptés. De plus, un système de suivi des scores a été intégré : lorsqu'un utilisateur lance un jeu, celui-ci peut générer un score qui est lu depuis un fichier temporaire, puis automatiquement enregistré dans la base de données. Un classement est ensuite consultable pour chaque jeu.

Le projet comprend également une interface d'administration complète, permettant de gérer les utilisateurs, les jeux disponibles, ainsi que les types de handicaps. L'administrateur peut ajouter, modifier ou supprimer ces éléments depuis l'interface.

Cette plateforme représente une base solide et prometteuse pour promouvoir l'inclusion dans le domaine du jeu vidéo. Elle met en avant l'importance d'adapter les interfaces aux capacités des utilisateurs et peut facilement être enrichie à l'avenir par des fonctions supplémentaires, comme une meilleure ergonomie, ou encore l'intégration de jeux plus diversifiés.

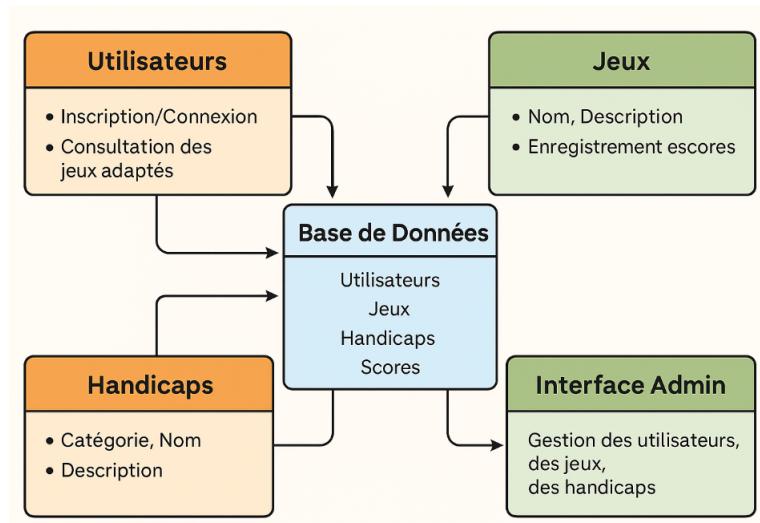


FIGURE 5 – La plateforme de jeux Réeduc

8.2 La conception technique de la plateforme

8.3 Principe d'intégration d'un jeu

Dans le cadre de notre projet, chaque jeu développé suit un modèle standardisé afin d'assurer une intégration cohérente avec notre infrastructure de dialogue.

Le modèle de développement repose sur les principes suivants :

- **Serveur de dialogue (Rasa)** : Un serveur Rasa est utilisé pour gérer l'intelligence conversationnelle, en fournissant des réponses adaptées aux interactions utilisateur.
- **Jeu interactif** : Chaque jeu est un script Python autonome qui utilise l'API de Rasa pour interagir avec le serveur de dialogue en temps réel.
- **Orchestration** : Un script principal contrôle le lancement et l'arrêt de Rasa ainsi que l'exécution du jeu, garantissant que les ressources sont utilisées efficacement et que l'expérience utilisateur est fluide.

Ce document décrit précisément comment un jeu est lancé sur la plateforme, en détaillant les étapes techniques nécessaires à son exécution et à l'arrêt propre des services associés.

Vue d'ensemble

Ce script a pour but de **lancer un serveur Rasa, d'exécuter un jeu** qui interagit avec ce serveur, puis **d'arrêter proprement le serveur** une fois le jeu terminé.

Fonctionnement détaillé

1. Démarrage de Rasa

Le script commence par démarrer le serveur Rasa en utilisant la fonction `subprocess.Popen` :

```

1 rasa_process = subprocess.Popen(
2     ["rasa", "run", "--enable-api"],
3     cwd=rasa_path,
4     creationflags=subprocess.CREATE_NEW_PROCESS_GROUP  # Windows
5 )

```

- `subprocess.Popen` permet de lancer un processus externe, ici la commande `rasa run --enable-api`.
- `cwd=rasa_path` définit le dossier de travail dans lequel le serveur Rasa sera lancé.
- `creationflags=subprocess.CREATE_NEW_PROCESS_GROUP` (Windows uniquement) crée un nouveau groupe de processus pour que Rasa soit isolé et puisse être arrêté facilement.

Résultat : Cela démarre Rasa en arrière-plan, prêt à recevoir des requêtes API.

2. Attente pour l'initialisation de Rasa

Après le lancement de Rasa, une pause de 5 secondes est introduite :

```
1 time.sleep(5)
```

Cette attente est nécessaire pour laisser à Rasa le temps de démarrer complètement avant toute tentative de communication.

3. Lancement du jeu

Ensuite, le script lance le jeu :

```
1 os.system("python rasa_bulle/bulle5.py")
```

- Cette commande exécute un fichier Python (`bulle5.py`), qui représente le jeu.
- L'exécution est bloquante : le script attend que le jeu soit terminé avant de continuer.

Le jeu est supposé interagir avec le serveur Rasa pour obtenir des réponses via des appels API.

4. Arrêt de Rasa après la fin du jeu

Une fois que le jeu est terminé, il faut arrêter proprement le serveur Rasa :

```
1 if platform.system() == "Windows":  
2     subprocess.call(["taskkill", "/F", "/T", "/PID",  
3                     str(rasa_process.pid)])  
4 else:  
5     rasa_process.terminate()
```

- **Sous Windows** : utilisation de `taskkill` pour forcer l'arrêt de Rasa et de ses processus enfants.
- **Sous Linux/Mac** : utilisation de `terminate()` pour arrêter le processus Rasa.

Cela permet de libérer les ressources système et d'éviter que le serveur Rasa reste actif inutilement.

Résumé du Processus

1. **Lancement** du serveur **Rasa** en arrière-plan.
2. **Pause** pour s'assurer que Rasa est prêt.
3. **Lancement** du **jeu** qui interagit potentiellement avec Rasa.
4. **Arrêt** propre du serveur **Rasa** à la fin du jeu.

Schéma mental

- **Rasa** : le cerveau (intelligence conversationnelle).
- **Jeu** : l'interface utilisateur, qui dialogue avec Rasa.
- **Script** : l'automate qui orchestre le lancement, la surveillance et l'arrêt des processus.

8.4 Scénario d'utilisation de la plateforme

La plateforme développée propose une interface intuitive conçue à la fois pour les utilisateurs en situation de handicap et pour les administrateurs (professionnels de santé ou encadrants). Son objectif est de centraliser l'accès aux jeux, de personnaliser l'expérience en fonction des besoins de chacun, et de faciliter le suivi des performances. Voici dans la figure 5 l'interface d'accueil de cette plateforme :

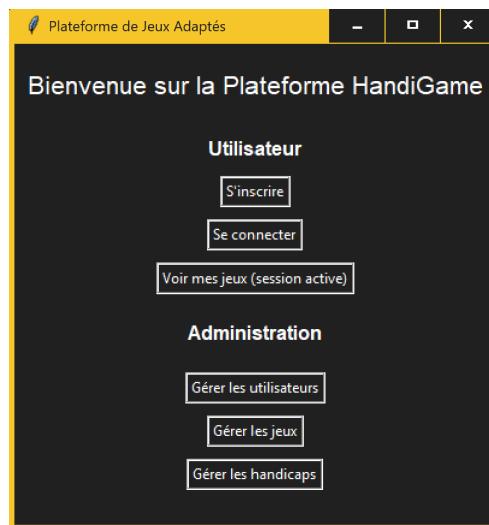
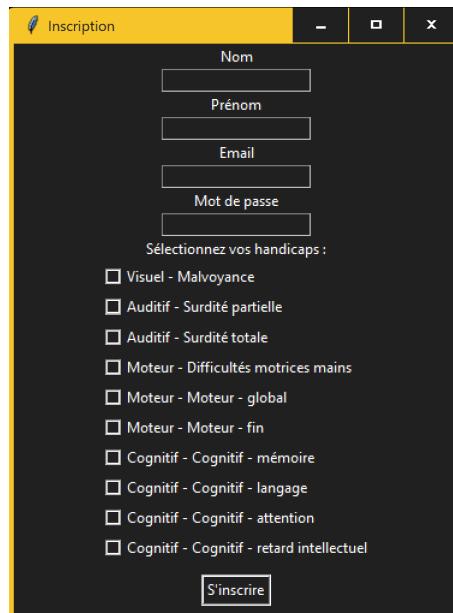


FIGURE 6 – Accueil de la plateforme HandiGame

L'utilisation de la plateforme suit un scénario en plusieurs étapes :

Création d'un utilisateur

Lors de la première connexion, un utilisateur peut être créé via un formulaire dédié. Cette étape permet de renseigner les informations personnelles de base, mais surtout d'indiquer le ou les types de handicap concernés (moteur, cognitif, ou les deux). Ces informations sont essentielles, car elles orientent la sélection des jeux les plus adaptés au profil de l'utilisateur. Voici dans la figure 6 l'interface permettant d'inscrire une nouvelle personne sur cette plateforme :



The screenshot shows a registration form titled "Inscription". It includes fields for "Nom" (Name), "Prénom" (First Name), "Email", and "Mot de passe" (Password). Below these, a section titled "Sélectionnez vos handicaps" (Select your disabilities) lists various types of impairments with checkboxes. The listed impairments are: Visuel - Malvoyance, Auditif - Surdité partielle, Auditif - Surdité totale, Moteur - Difficultés motrices mains, Moteur - Moteur - global, Moteur - Moteur - fin, Cognitif - Cognitif - mémoire, Cognitif - Cognitif - langage, Cognitif - Cognitif - attention, and Cognitif - Cognitif - retard intellectuel. A "S'inscrire" (Register) button is located at the bottom of the form.

FIGURE 7 – Inscription d'une personne dans la plateforme

Sélection d'un jeu

Une fois l'utilisateur enregistré, il peut accéder à une bibliothèque de jeux. L'interface propose un choix de jeux filtré en fonction du type de handicap renseigné. L'utilisateur peut ainsi choisir un jeu et y jouer directement depuis la plateforme. Les scores et données d'interaction sont automatiquement enregistrés pour analyse. Voici dans la figure 7 l'interface permettant de sélectionner un jeu et de le lancer ou de voir les scores obtenus à ce jeu.

Interface d'administration

La plateforme intègre également un espace réservé à l'administration. Cette interface permet aux encadrants ou développeurs d'ajouter de nou-

Jeux adaptés		
Nom	Description	Lien
tetris	jouer à tetris	jeux/tetris.py
bulle	attrape les bulles	jeux/bulle.py
voiture	conduire une voiture par le geste	jeux/voiture.py
coach	imiter un animal	jeux/coach.py
memo	jeu pour améliorer sa mémoire	jeux/memo.py
mastermind	Le jeu mastermind gestuel et collaboratif	jeux/mastermind.py
breakthrough	sorte de jeu de dames	jeux/breakthrough.py
montre_moi	montrer des objets et les faire reconnaître	jeux/monstre_moi.py

[Lancer le jeu sélectionné](#)
[Voir les scores du jeu](#)

FIGURE 8 – Sélection d'un jeu dans la plateforme

veaux types de handicaps, de créer ou modifier des jeux, et de gérer les profils utilisateurs. Elle assure ainsi une certaine modularité, permettant l'évolution continue de la plateforme en fonction des retours et des besoins. Voici dans la figure 8, la gestion des handicaps, et dans la figure 9, la gestion des jeux.

Gestion des handicaps				
ID	Catégorie	Nom	Description	
2	Visuel	Malvoyance	Vision réduite nécessitant du contraste	
3	Auditif	Surdité partielle	Difficulté à entendre certaines fréquences	
4	Auditif	Surdité totale	Aucun retour sonore utile.	
5	Moteur	Difficultés motrices mains	Difficulté à utiliser clavier/souris.	
10	Moteur	Moteur - global		
11	Moteur	Moteur - fin		
12	Cognitif	Cognitif - mémoire		
13	Cognitif	Cognitif - langage		
14	Cognitif	Cognitif - attention		
15	Cognitif	Cognitif - retard intellectuel		

[Ajouter un handicap](#)
[Modifier le handicap sélectionné](#)
[Supprimer le handicap sélectionné](#)

FIGURE 9 – Gestion des handicaps

Ce scénario d'utilisation permet une prise en main simple et progressive, tout en assurant une personnalisation et une adaptabilité importantes. Il contribue à faire de la plateforme un outil à la fois ludique, fonctionnel et évolutif.

ID	Nom	Description
2	tetris	jouer à tetris
9	bulle	attrape les bulles
10	breakthrough	sorte de jeu de dames
11	memo	jeu pour améliorer sa mémoire
12	voiture	conduire une voiture par le geste
13	coach	imiter un animal
14	mastermind	Le jeu mastermind gestuel et collaboratif
15	montre_moi	montrer des objets et les faire reconnaître

[Ajouter un jeu](#)
[Modifier le jeu sélectionné](#)
[Supprimer le jeu sélectionné](#)

FIGURE 10 – Gestion des jeux

9 Le développement des jeux

9.1 flux d'interaction

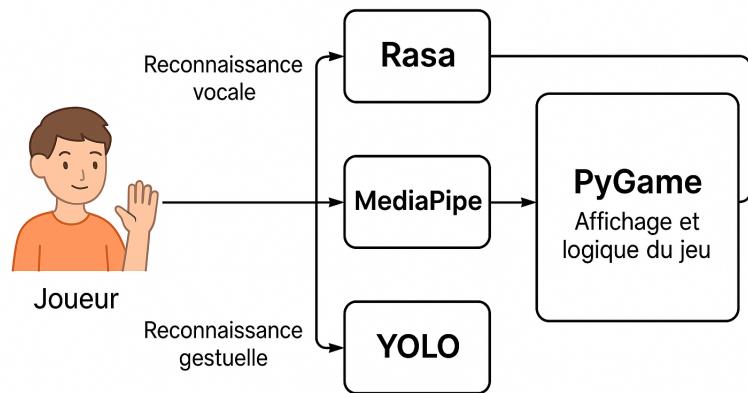


FIGURE 11 – Architecture fonctionnelle d'un jeu

Le schéma présenté à la figure 11 illustre l'architecture fonctionnelle d'un jeu en général, en mettant en évidence les différents modules techniques qui interagissent pour offrir une expérience inclusive, interactive et fluide.

Au centre de cette architecture se trouve le joueur, dont les actions constituent le point de départ du flux d'information. Celui-ci peut interagir avec

le système soit par la voix, soit par des gestes. La reconnaissance vocale permet d'interpréter les commandes ou les questions du joueur, tandis que la reconnaissance gestuelle capture les mouvements du corps ou des mains. Ces deux types d'entrées sont ensuite orientés vers des modules spécialisés pour traitement.

La voix est dirigée vers *Rasa*, un agent conversationnel capable d'analyser le langage naturel et de produire des réponses adaptées. *Rasa* joue un rôle fondamental dans le jeu : il dialogue avec le joueur, donne des conseils, commente les actions et, au besoin, propose des indices. Il agit donc à la fois comme un assistant et comme un guide pédagogique.

Les gestes du joueur, quant à eux, sont traités par des outils de vision par ordinateur comme *MediaPipe* ou *YOLO*. *MediaPipe* est particulièrement efficace pour reconnaître des gestes fins ou des mouvements de la main, tandis que *YOLO* permet une détection rapide d'objets ou de postures plus générales. Ces outils traduisent les mouvements physiques du joueur en commandes numériques que le système peut interpréter.

L'ensemble des informations provenant de *Rasa*, *MediaPipe* ou *YOLO* converge vers le module central de jeu, à savoir *PyGame*. Ce dernier assure à la fois l'affichage visuel et la logique du jeu. Il met à jour le plateau, déplace les pions, réagit aux instructions et affiche les éléments graphiques (commentaires, animations, actions de l'IA, etc.). *PyGame* représente donc l'interface directe avec laquelle le joueur interagit visuellement.

Ce schéma met en lumière l'articulation fluide entre les différents outils technologiques utilisés : chacun a une fonction bien définie, et tous sont pensés pour servir l'accessibilité et l'expérience utilisateur. L'architecture rend possible une interaction naturelle et intuitive, qu'elle soit vocale ou gestuelle, tout en gardant le jeu lisible, réactif et agréable à utiliser.

9.2 Les jeux pour handicap moteur

9.2.1 Attrape les bulles

"*Attrape les bulles !*" dans la figure 11 est un jeu interactif conçu pour encourager le mouvement et la coordination, particulièrement adapté aux personnes en situation de handicap ou dans un contexte de rééducation motrice. Le principe est simple et ludique : des bulles ou objets animés apparaissent à l'écran et se déplacent de manière fluide ou aléatoire. L'utilisateur doit les "attraper", ou plutôt les faire éclater, en les touchant avec la main. Lorsque la main passe au bon endroit, la bulle éclate avec un effet visuel et sonore, renforçant ainsi l'aspect gratifiant de l'interaction.

Ce jeu permet de travailler plusieurs objectifs thérapeutiques de façon mo-



FIGURE 12 – Le jeu *Attrape les bulles !*

tivante. Il favorise d'abord la coordination œil-main, car le joueur doit suivre les bulles du regard tout en orientant son geste avec précision. En fonction de la disposition des bulles sur l'écran, l'utilisateur est amené à effectuer des mouvements larges, ce qui aide à travailler l'amplitude des gestes et la mobilité des bras. La nécessité d'être précis pour éclater les bulles développe aussi le contrôle moteur et la concentration. L'activité peut ainsi s'intégrer dans des séances de rééducation fonctionnelle ou d'ergothérapie, en apportant une composante ludique qui stimule l'engagement.

Le jeu peut être adapté à différents niveaux de difficulté, en jouant sur la vitesse de déplacement des bulles, leur taille, ou en demandant à l'utilisateur d'utiliser alternativement la main droite et la main gauche. Il est également possible de complexifier les trajectoires ou d'ajouter des éléments de distraction pour travailler la réactivité et l'attention sélective.

Un élément clé du dispositif est l'intégration de *Rasa*, un agent conversationnel intelligent qui accompagne l'utilisateur tout au long de l'activité. *Rasa* peut guider le joueur, donner des consignes vocales, encourager les efforts et adapter les instructions en fonction du niveau ou de l'évolution des performances. Grâce à ses capacités de dialogue naturel, il crée une interaction plus humaine et personnalisée, ce qui renforce la motivation et facilite la compréhension des consignes, notamment pour les personnes ayant des troubles cognitifs ou de communication. En jouant le rôle de médiateur entre

le jeu et l'utilisateur, *Rasa* contribue à rendre l'expérience plus accessible, fluide et inclusive.

En résumé, "*Attrape-les bulles !*", soutenu par l'assistance intelligente de *Rasa*, est un outil simple mais puissant pour motiver le mouvement, stimuler les fonctions motrices et cognitives, et proposer une activité interactive personnalisable selon les capacités de chacun.

9.2.2 Tetris gestuel

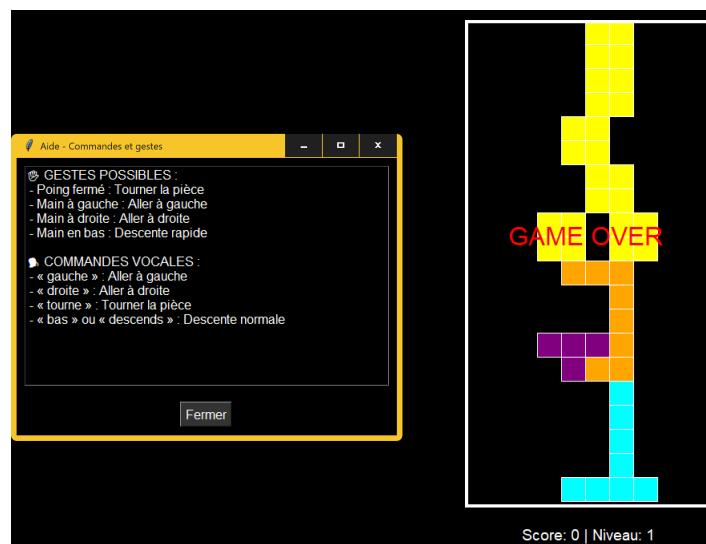


FIGURE 13 – Le jeu *Tetris gestuel*

"*Tetris gestuel*" que l'on peut voir dans la figure 13 est une adaptation motrice du célèbre jeu de réflexion, pensée pour des utilisateurs en situation de handicap ou dans des parcours de rééducation. Le principe reste fidèle à l'original : des pièces tombent depuis le haut de l'écran, et le joueur doit les positionner correctement pour compléter des lignes. Cependant, ici, le contrôle se fait entièrement par le corps, grâce à des gestes simples détectés par une caméra ou un capteur de mouvement.

Les commandes sont intuitives et basées sur des gestes naturels : lever la main droite vers la droite déplace la pièce vers la droite, lever la main gauche vers la gauche la déplace à gauche, et lever les deux mains en même temps effectue une rotation de la pièce. Cette interaction corporelle transforme un jeu classique en un outil thérapeutique dynamique.

Tetris gestuel permet de travailler plusieurs compétences motrices et cognitives essentielles. Il stimule la coordination bilatérale, puisque le joueur doit utiliser alternativement ou simultanément les deux mains selon l'action

à réaliser. Le contrôle directionnel, c'est-à-dire la capacité à orienter ses mouvements dans l'espace de manière ciblée, est également sollicité en continu. Enfin, comme tout jeu de Tetris, il demande une forte capacité de concentration et d'anticipation, ce qui en fait un excellent exercice de stimulation cognitive.

Le jeu gagne en accessibilité et en fluidité grâce à l'intégration de *Rasa*, un agent conversationnel intelligent. *Rasa* peut accompagner l'utilisateur tout au long de la session : il donne les consignes au départ, encourage les efforts, fournit un retour en cas d'erreur, et peut adapter le niveau de difficulté en temps réel selon les performances observées. Son rôle est essentiel, en particulier pour les personnes ayant des troubles du langage, de l'attention ou de la compréhension. *Rasa* agit comme un médiateur bienveillant entre la machine et l'utilisateur, rendant l'expérience plus inclusive, interactive et motivante.

En somme, *Tetris gestuel*, enrichi par l'accompagnement vocal et adaptatif de *Rasa*, est un excellent outil pour allier mouvement, jeu et rééducation dans un cadre ludique et personnalisable.

9.2.3 Conduite gestuelle

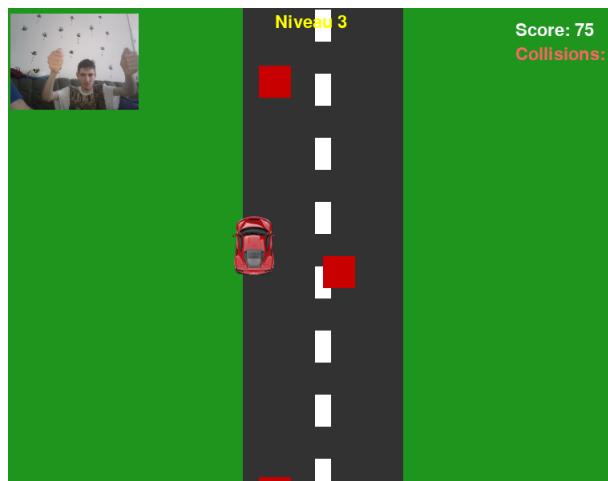


FIGURE 14 – Le jeu *Conduite gestuelle*

"*Conduite gestuelle*" est un jeu interactif basé sur l'imitation du geste de conduire, spécialement conçu pour favoriser le développement moteur chez les personnes en situation de handicap ou en rééducation. Le joueur contrôle un véhicule virtuel en réalisant des gestes simples, comme s'il tenait un volant entre ses mains. L'expérience de jeu repose sur une interaction corporelle

intuitive, qui permet de recréer les sensations de conduite tout en sollicitant des compétences motrices précises.

Le principe est le suivant : en tournant le poignet vers la gauche ou la droite, le joueur fait tourner la voiture dans la direction correspondante. Lever la main permet d'accélérer, tandis que baisser les mains ralentit le véhicule. Ces gestes simples sont détectés par un capteur de mouvement ou une caméra, et traduits en commandes dans le jeu. L'activité demande une certaine précision dans l'exécution des gestes, et s'appuie sur une coordination fluide entre les deux mains, ce qui en fait un excellent outil de travail pour le contrôle moteur.

Conduite gestuelle permet ainsi de développer la coordination bimanuelle, le contrôle fin des mouvements, ainsi que la conscience spatiale. Le joueur doit adapter la vitesse et la direction de son véhicule selon les obstacles ou les virages, ce qui stimule également l'attention, l'anticipation et la capacité d'ajustement moteur en temps réel.

L'intégration de *Rasa*, un agent conversationnel intelligent, enrichit encore davantage l'expérience utilisateur. *Rasa* joue un rôle de guide vocal, capable de donner des instructions au départ, de rappeler les gestes à effectuer, d'encourager en cas de difficulté, et même d'adapter les consignes ou le niveau du jeu en fonction des performances. Grâce à cette assistance intelligente, les utilisateurs peuvent rester concentrés sur l'activité tout en étant soutenus et valorisés. *Rasa* est particulièrement utile pour les personnes ayant des troubles de la compréhension, du langage ou de la mémoire, car il facilite une interaction continue et personnalisée entre le joueur et le système.

En résumé, "*Conduite gestuelle*", combinée à l'accompagnement dynamique de *Rasa*, offre une activité ludique, engageante et thérapeutique, idéale pour développer la maîtrise gestuelle et la coordination dans un cadre accessible et motivant.

9.2.4 Imité le singe

Le Singe Imitateur dans la figure 15 est un jeu interactif dans lequel un petit singe virtuel effectue un geste simple, comme lever un bras ou tendre une jambe. L'utilisateur, placé devant une webcam, doit reproduire ce geste. Une fois le mouvement observé, le singe fournit un retour vocal ou textuel selon la qualité de l'imitation. Il peut s'exclamer : « *Oui ! C'est parfait !* » en cas de réussite, ou « *Hmm, essaie de lever le bras un peu plus* » si le geste est incorrect ou incomplet. Cette interaction crée une dynamique bienveillante qui favorise l'engagement et la progression de l'utilisateur.

Le jeu s'adresse en priorité aux enfants et adultes en situation de handicap moteur léger à modéré. Il vise à stimuler la coordination, la mémoire visuelle

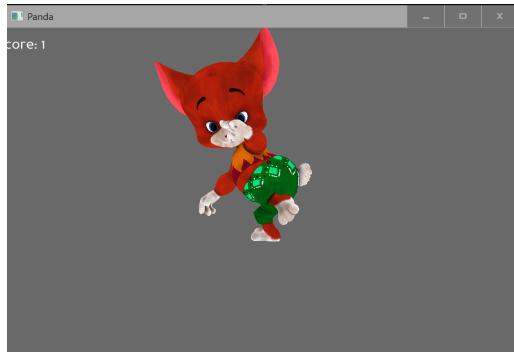


FIGURE 15 – Le jeu *Singe imitateur*

et corporelle, la latéralisation, et l’initiative motrice. Il peut être utilisé en contexte éducatif spécialisé, en séance de rééducation, ou simplement comme jeu interactif accessible.

Le système adapte automatiquement le seuil de tolérance aux gestes de l’utilisateur, permettant une expérience personnalisée et inclusive. Les retours peuvent être visuels, sonores, ou écrits selon les besoins et préférences de chacun.

Le système repose sur plusieurs briques technologiques complémentaires :

- **MediaPipe** (Google) permet la détection en temps réel des articulations du corps à partir de la webcam.
- **Panda3D** est utilisé comme moteur 3D pour afficher et animer le personnage virtuel.
- **Blender** et **Mixamo** servent à créer et exporter les modèles 3D riggés et animés au format utilisable dans Panda3D.
- **Rasa** est utilisé comme agent conversationnel, capable de reconnaître les intentions de l’utilisateur et de proposer des réponses adaptées.

Les gestes de l’utilisateur sont comparés à ceux attendus à l’aide d’un algorithme basé sur la distance entre points-clés captés par *MediaPipe*. Si la similarité est suffisante, le jeu enregistre une réussite. Sinon, le retour fourni dépend du niveau de précision et du profil de l’utilisateur.

Rasa permet au personnage d’adopter un comportement dialogique. Le singe n’est pas limité à des phrases fixes, mais peut adapter ses réponses selon la situation. Par exemple, s’il détecte une erreur répétée, il peut encourager : « *Tu veux qu’on essaye ensemble ?* » ou proposer une alternative : « *Tu préfères essayer un autre geste ?* ». Ce dialogue rend le jeu plus humain et motivant, tout en permettant un accompagnement progressif et personnalisé.

Une session de jeu typique commence par une démonstration du singe. L’utilisateur tente d’imiter le geste, et le système analyse en temps réel sa

réponse. En cas de réussite, une animation de récompense est jouée. Sinon, un message d'encouragement ou une aide visuelle est proposée. Le jeu peut évoluer avec des niveaux de difficulté croissants, incluant des combinaisons de gestes, des temps limités, ou des séquences à mémoriser.

Le Singe Imitateur combine ludisme, accessibilité et intelligence artificielle dans une interface engageante. Ce projet met la technologie au service de la motricité et de l'inclusion. Il constitue un outil pédagogique et thérapeutique stimulant, qui valorise la réussite motrice tout en rendant l'apprentissage interactif, personnalisé et amusant.

9.2.5 Joue du piano



FIGURE 16 – Le jeu *piano virtuel*

Ce jeu de piano virtuel a été conçu comme un *serious game*, dont l'objectif est d'aider les utilisateurs à apprendre à jouer des séquences musicales de manière progressive et ludique. Il repose sur une interaction par la main captée via la caméra, rendant inutile tout recours à un clavier physique. Cette approche rend le jeu particulièrement pertinent pour les personnes en situation de handicap, en particulier celles présentant une mobilité réduite, des troubles moteurs ou des difficultés d'apprentissage.

Le jeu propose une montée en complexité à travers plusieurs niveaux. Le premier niveau offre un espace de jeu libre, dans lequel l'utilisateur peut explorer les sons en toute autonomie. Les niveaux suivants demandent à l'utilisateur de reproduire des séquences musicales de plus en plus longues, d'abord avec aide visuelle, puis uniquement de mémoire. Cette structure encourage la concentration, la mémoire auditive, et la coordination motrice.

L'un des atouts majeurs de ce projet réside dans son accessibilité. En utilisant des gestes simples devant une webcam, l'utilisateur peut jouer des notes de musique sans toucher un clavier. Cela ouvre des possibilités d'inclusion pour des publics qui sont souvent éloignés des dispositifs numériques classiques : personnes en fauteuil, enfants atteints de troubles DYS, ou encore individus ayant des limitations motrices temporaires ou permanentes.

L'intégration d'un agent conversationnel comme *Rasa* permet d'enrichir encore l'expérience. *Rasa* joue un rôle de guide vocal intelligent, capable de comprendre les besoins de l'utilisateur, de répéter des consignes, ou d'adapter le déroulé du jeu en fonction du niveau de l'utilisateur ou de sa fatigue. Il peut aussi annoncer vocalement les niveaux, féliciter les réussites, ou encourager après une erreur, humanisant ainsi la relation avec l'interface.

Ce jeu s'inscrit dans une démarche inclusive, pédagogique et interactive, où la musique devient un support d'apprentissage accessible à tous, quels que soient les handicaps ou les limites physiques.

9.3 Les jeux pour handicap cognitif

9.3.1 Percée Douce (appelé aussi Breakthrow)

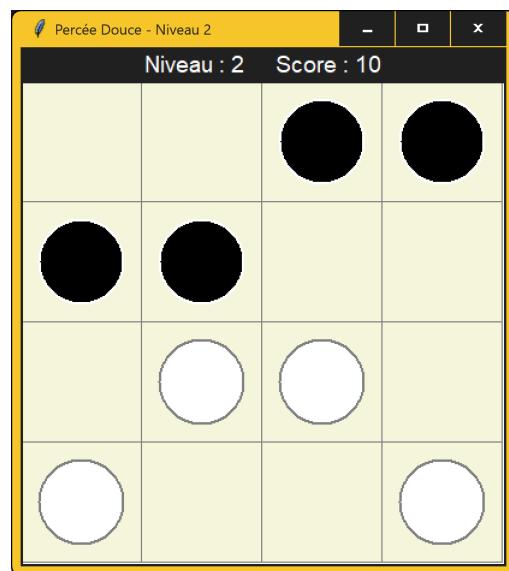


FIGURE 17 – Le jeu *percée douce*

Percée Douce est un jeu de stratégie simplifié dans lequel le joueur affronte un adversaire contrôlé par l'ordinateur. L'objectif est clair et accessible : réussir à faire traverser un de ses pions jusqu'à l'autre côté du plateau. Conçu pour être inclusif, ce jeu s'adresse à tous les publics, notamment aux enfants et aux personnes en situation de handicap.

Le gameplay est volontairement épuré pour mettre en avant la réflexion et la progression. À chaque tour, le joueur avance un pion vers l'avant ou en diagonale pour capturer un pion adverse. Le jeu s'arrête lorsqu'un pion atteint la ligne de fond ennemie.

Au cœur de *Percée Douce*, un personnage accompagne le joueur tout au long de la partie : il s'agit de *Rasa*, un agent intelligent. *Rasa* ne se contente pas de jouer : il commente les actions, encourage le joueur, propose des astuces, et aide en cas d'hésitation. Loin d'être un adversaire redoutable, il est un allié pédagogique et rassurant.

Voici quelques exemples de ses interventions :

- « Tu as bien avancé ce pion ! Continue comme ça ! »
- « Oh ! Regarde, tu peux bloquer mon pion ici ! »
- « Je peux t'aider, tu veux un indice ? »

Ce ton chaleureux, combiné à un rythme de jeu lent et adapté, permet à chacun de jouer à son propre rythme, sans pression ni jugement.

Percée Douce a été conçu avec une approche inclusive forte, pour que le plaisir du jeu soit accessible à tous :

- Interface épurée, couleurs contrastées, symboles lisibles.
- Vocabulaire simple et langage encourageant.
- Aides contextuelles non intrusives.
- Assistance audio pour les difficultés de lecture.
- IA adaptative selon le niveau du joueur.

Chaque élément du jeu vise à réduire les barrières cognitives ou motrices, et à offrir une expérience valorisante et intuitive.

Percée Douce est plus qu'un jeu : c'est un outil pédagogique qui favorise :

- L'apprentissage de la stratégie,
- Le développement de la motricité fine,
- La gestion de l'attention,
- La prise de décision.

Grâce à *Rasa*, l'expérience est douce, positive et enrichissante, idéale dans un cadre scolaire, thérapeutique ou familial.

9.3.2 Montres-moi

Ce serious game que l'on voit dans la figure 19 vise à stimuler les personnes présentant un handicap cognitif léger ou modéré (TSA, TDI, post-AVC, etc.) en s'appuyant sur des tâches visuelles interactives. Il utilise l'intelligence artificielle en temps réel pour identifier les objets montrés à la caméra, comprendre des consignes simples et fournir un retour immédiat à l'utilisateur.

Le jeu s'appuie sur des techniques de vision par ordinateur et de traitement du langage pour proposer une interaction ludique et accessible. Son



FIGURE 18 – Le jeu *Montres-moi*

objectif est d'améliorer des fonctions cognitives telles que la reconnaissance visuelle, la mémoire de travail, la catégorisation ou encore la planification.

Ce jeu s'adresse à des utilisateurs ayant des troubles de l'attention, des difficultés de mémoire immédiate ou des problèmes d'organisation dans l'exécution des tâches simples. Il propose une approche progressive et accessible, adaptée au rythme de chacun, et pensée pour être utilisée avec ou sans accompagnement thérapeutique.

L'interaction est volontairement simplifiée : l'utilisateur ne doit ni parler, ni écrire, ni utiliser de clavier. Il doit simplement manipuler des photos, reconnus automatiquement par une caméra.

Le cœur de la détection visuelle est basé sur *YOLOv12*, des modèles d'intelligence artificielle spécialisés dans la reconnaissance d'objets. En se basant sur le jeu de données *COCO* (Common Objects in Context), le système peut reconnaître jusqu'à 80 objets courants tels que des fruits, ustensiles, meubles ou animaux. Le jeu intègre également *RASA*, une plateforme de dialogue vocal pour répondre oralement aux actions de l'utilisateur.

Le jeu est structuré en cinq niveaux progressifs, chacun visant un objectif cognitif particulier :

L'interaction avec le jeu se fait uniquement via la caméra. L'utilisateur manipule des photos d'objets réels. Lorsqu'une tâche est réussie, un message visuel s'affiche à l'écran (« Bravo ! », couleurs de récompense, etc.). L'accompagnant peut, au clavier, forcer le passage au niveau suivant avec la touche ESC, ou quitter à tout moment avec la touche Q.

Niveau	Description
1	Reconnaissance d'un objet simple demandé par le système. L'utilisateur doit montrer, par exemple, une pomme ou un livre à la caméra.
2	Augmentation légère de la complexité : l'utilisateur doit montrer deux objets dans l'ordre demandé (par exemple : « montre la tasse, puis le chat »).
3	Introduction de relations spatiales simples. L'utilisateur doit disposer les objets selon une consigne telle que « place la tasse à gauche du bol ».
4	Catégorisation : au lieu d'un objet précis, le jeu demande un objet appartenant à une catégorie (ex. un fruit ou un meuble).
5	Travail sur la mémoire et la planification : l'utilisateur doit montrer trois objets successifs dans l'ordre indiqué, comme une petite séquence logique.

TABLE 4 – Description progressive des niveaux de jeu

9.3.3 Mémo-picto



FIGURE 19 – *Le jeu Mémo Picto Etape 1 : Image à mémoriser*

Mémo Picto est un jeu interactif conçu pour entraîner la mémoire visuelle et sémantique à l'aide de pictogrammes. Il est particulièrement adapté à un public en situation de handicap cognitif, en proposant une interface simple, visuelle, et accessible avec guidage vocal.

Le jeu est pensé pour stimuler les capacités d'attention, de mémoire de travail, de reconnaissance et de compréhension à travers plusieurs niveaux progressifs. Par exemple, la figure 19 montre trois images à mémoriser et la figure 20 Montre cinq images et parmi celles-ci les images que l'on a mé-



FIGURE 20 – *Le jeu Mémo Picto Etape 2 : Retrouver les images mémorisées*

morisé dans l'étape précédente. Il faut avec la main sélectionné les images mémorisées.

L'accessibilité est au cœur du développement de Mémo Picto :

- Les pictogrammes sont affichés en grand format, bien contrastés et centrés à l'écran.
- La navigation est assistée par la voix grâce à une synthèse vocale (pyttsx3).
- L'utilisateur interagit uniquement avec les mains via la webcam (MediaPipe), sans besoin de souris ou clavier.
- L'interface se lance en plein écran pour éviter les distractions ou interférences visuelles (comme l'environnement de développement).

Le jeu comporte plusieurs niveaux, chacun ciblant une compétence particulière :

Le jeu est conçu pour être intégré avec *Rasa*.

- À chaque étape du jeu, le système peut envoyer à *Rasa* des informations sur l'état du joueur (réponses, erreurs, score).
- *Rasa* peut alors générer des réponses vocales adaptées, personnalisées, en fonction du niveau, de la performance, ou même de l'humeur détectée à long terme.
- Cette intégration ouvre la voie à un accompagnement intelligent, empathique et évolutif, tout en renforçant l'engagement du joueur.

Mémo Picto est bien plus qu'un jeu de mémoire : c'est un outil pédagogique accessible, évolutif et interactif, pouvant s'inscrire dans des parcours éducatifs spécialisés, en autonomie ou avec accompagnement.

L'ajout de la synthèse vocale et de *Rasa* permet de renforcer l'autonomie des joueurs et d'adapter l'expérience aux besoins spécifiques de chacun.

Niveau	Description
1 à 3	Mémorisation et reconnaissance : l'utilisateur doit mémoriser un ou plusieurs pictogrammes et les retrouver parmi un ensemble plus large.
4	Remise en ordre d'une courte séquence d'images après observation.
5	Remise en ordre d'une séquence plus longue, avec contrainte de temps.
6	Association d'image à une consigne sémantique (ex. « Qui dort ? », « Où est le vélo ? »).
7	Reconstitution d'une histoire simple en images (ex. lit → brosse à dents → déjeuner → école).

TABLE 5 – Progression des niveaux pour les jeux de mémoire et compréhension

9.3.4 *Fais-moi une recette de cuisine*

Sélectionne les étapes dans l'ordre:

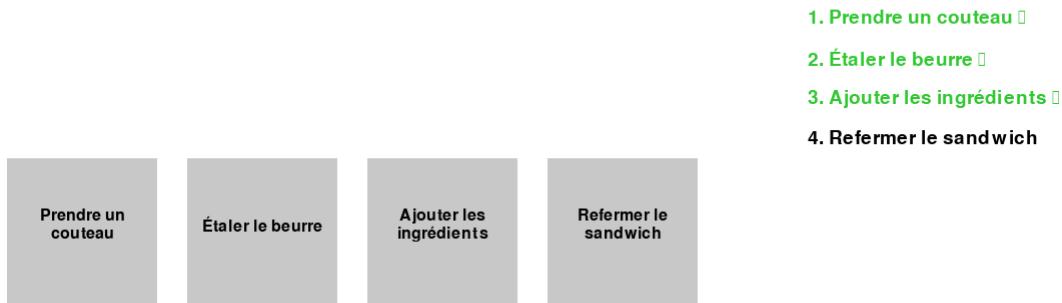


FIGURE 21 – Le jeu *Fais-moi une recette de cuisine*

CheffFacile que l'on voit dans la figure 21 est un jeu éducatif interactif conçu pour accompagner les personnes en situation de handicap cognitif ou présentant un retard intellectuel dans l'apprentissage de tâches quotidiennes, et plus particulièrement la cuisine. L'objectif principal est de proposer une activité ludique, progressive et accessible, permettant de travailler les fonctions cognitives, motrices et sociales à travers la réalisation de recettes simples. Le

joueur est guidé tout au long de l'activité par un assistant vocal intelligent basé sur la technologie *Rasa*, ainsi que par une interaction gestuelle via la reconnaissance de mouvements offerte par *MediaPipe*.

Le public ciblé par ce jeu regroupe des enfants, adolescents ou adultes présentant des difficultés de compréhension, de mémorisation ou d'autonomie. L'interface et les interactions ont été pensées pour s'adapter à leurs besoins spécifiques : consignes claires et répétées, interface visuelle épurée, pictogrammes et couleurs contrastées, ainsi qu'une voix off lente et encourageante. Le joueur n'a pas besoin d'utiliser la souris ou le clavier ; il peut interagir simplement en bougeant la main, en pointant un objet ou en levant la main pour valider une action, gestes reconnus par la caméra grâce à *MediaPipe*.

MediaPipe permet la reconnaissance de gestes simples, facilitant la navigation et la validation d'étapes sans interface tactile. Cela permet une plus grande accessibilité pour des personnes ayant des limitations motrices ou des troubles de la coordination.

Le jeu est structuré en trois niveaux de difficulté.

Le **premier niveau** propose des recettes très simples, comme une tartine de confiture, en deux ou trois étapes, avec un guidage constant. L'utilisateur est accompagné pas à pas, avec toutes les aides activées par défaut.

Le **deuxième niveau** augmente légèrement la complexité : le joueur doit faire des choix entre plusieurs ingrédients et suivre quatre ou cinq étapes, tout en pouvant toujours demander de l'aide via *Rasa*.

Enfin, le **troisième niveau** se veut plus autonome. Il propose des recettes complètes d'au moins six étapes, avec une assistance allégée. Le joueur peut se tromper, apprendre de ses erreurs, demander des indices, et réussir par lui-même, ce qui contribue à renforcer la confiance en soi.

Au-delà du jeu lui-même, *ChefFacile* est aussi un outil thérapeutique. Il permet de travailler la mémoire, l'attention, le langage oral, la motricité fine, l'organisation d'une séquence d'actions, et surtout l'autonomie. Le plaisir de jouer et la valorisation par la réussite rendent l'apprentissage plus engageant, tout en facilitant l'intégration des compétences acquises dans la vie réelle.

Un système de suivi peut être intégré pour que les éducateurs ou thérapeutes puissent évaluer les progrès du joueur, suivre les recettes réalisées, les niveaux atteints, et adapter les futurs objectifs. La personnalisation des profils permet aussi de configurer le jeu selon le niveau de difficulté ou les besoins spécifiques de chaque utilisateur.

ChefFacile est une plateforme de jeu inclusive, combinant technologie, pédagogie et accessibilité, pour aider les personnes en situation de handicap cognitif à acquérir des compétences utiles dans un environnement bienveillant et motivant. En mêlant geste, parole et compréhension dans une activité

concrète comme la cuisine, le jeu offre une passerelle entre l'univers numérique et les apprentissages de la vie quotidienne.

9.3.5 *MindCoders 3D - Mastermind collaboratif*



FIGURE 22 – Le jeu *MinCoders 3D*

MindCoders 3D est une version interactive et inclusive du célèbre jeu *Mastermind*, adaptée à la reconnaissance de gestes en temps réel grâce à la caméra et aux technologies de vision par ordinateur. Le joueur doit découvrir une combinaison secrète de trois couleurs en effectuant des gestes spécifiques devant la caméra. Chaque couleur est associée à un mouvement précis du bras ou de la main, détecté automatiquement via l'intelligence artificielle. Ce jeu peut être joué jusqu'à trois personnes. Chacune d'entre elles représentera une couleur. L'intérêt de jouer à plusieurs est de favoriser une collaboration pour trouver la combinaison.

Le jeu se déroule en deux niveaux. Dans le premier, le joueur dispose de dix essais pour deviner la bonne combinaison. Chaque tentative est suivie d'un retour visuel indiquant le nombre de bonnes couleurs bien placées ou mal placées, ce qui permet de progresser par déduction. Si la combinaison est trouvée dans ce délai, le joueur accède au niveau deux. Celui-ci introduit une contrainte supplémentaire : chaque proposition doit être effectuée en moins d'une minute. Le temps restant s'affiche à l'écran, ce qui ajoute une dimension de gestion du stress et de la concentration. Un signal sonore et une animation marquent le passage d'un niveau à l'autre, renforçant l'immersion.

L'intérêt du jeu dépasse le simple divertissement. MindCoders 3D a été conçu avec une attention particulière à l'accessibilité. L'utilisation de gestes corporels comme mode d'interaction permet à des personnes en situation de handicap moteur ou verbal de participer pleinement, sans avoir besoin de souris, clavier ou écran tactile. Le tutoriel intégré facilite l'apprentissage progressif des gestes, renforçant l'autonomie. De plus, l'intégration d'un retour audio grâce à la synthèse vocale rend le jeu accessible à des personnes malvoyantes ou ayant des troubles de la lecture.

En combinant ludisme, technologie et accessibilité, ce projet favorise l'inclusion numérique tout en stimulant la logique, la mémoire et la coordination corporelle.

10 Étude expérimentale avec des personnes en situation de handicap moteur

10.1 Contexte et objectifs

Dans le cadre de cette étude, deux participants présentant un handicap moteur ont été sollicités pour tester trois serious games. L'objectif était d'évaluer l'accessibilité, la compréhension des mécanismes de jeu, ainsi que l'engagement et la progression des utilisateurs au fil de l'expérience.

10.2 Description des jeux testés

- **Jeu 1 – Attrape de bulles** : Le joueur doit attraper des bulles en changeant de main de manière aléatoire, à la demande du jeu.
- **Jeu 2 – Conduite gestuelle** : Le joueur contrôle une voiture à l'aide de gestes simulant la rotation d'un volant.
- **Jeu 3 – Tetris gestuel** : Une version gestuelle du jeu Tetris, où les mouvements remplacent les commandes traditionnelles.
- **Jeu 4 – Coach (reproduction gestuelle)** : Ce jeu consiste à reproduire les gestes d'un personnage animé (un singe en 3D), dans une logique d'imitation motrice et de coordination.

10.3 Ressenti des participants

Malgré quelques imperfections techniques (notamment le décalage audio-gestuel dans le premier jeu), les deux participants ont exprimé un vif intérêt pour l'expérience. Ils ont particulièrement apprécié le caractère ludique et interactif des serious games, et ont manifesté le souhait de renouveler ce type de test à l'avenir.

10.4 Observations et résultats

Observations et résultats

Jeu 1 – Attrape de bulles

Le premier participant a obtenu de très bons résultats, tandis que le second a rencontré davantage de difficultés. Un problème a été identifié concernant la synchronisation entre les instructions vocales et les gestes requis : les gestes étant parfois plus rapides que les messages audio, cela a généré un léger

décalage perturbant le rythme du jeu. Toutefois, les deux participants ont montré une capacité d'adaptation en apprenant à anticiper les consignes au fil des essais.

Jeu 2 – Conduite gestuelle

Les deux participants ont obtenu des performances similaires. Une période d'apprentissage a été nécessaire pour comprendre le fonctionnement du contrôle gestuel du volant. Une fois le principe assimilé, le jeu a été apprécié et perçu comme équilibré en termes de difficulté.

Jeu 3 – Tetris gestuel

Une différence notable a été observée entre les deux participants : l'un a obtenu un score satisfaisant, tandis que l'autre n'a pas réussi à marquer de points. Cette disparité pourrait s'expliquer par une différence dans la compréhension des gestes attendus ou dans la capacité d'interaction motrice fine requise par ce jeu.

Jeu 4 – Coach (reproduction gestuelle)

Seul l'un des deux participants a pu tester ce jeu, le second ayant été mobilisé pour d'autres activités au sein de l'association. Le participant ayant réalisé le test a réussi à reproduire l'ensemble des gestes proposés, à l'exception d'un seul. Cette performance montre une bonne capacité d'observation, de mémorisation et d'exécution motrice.

Ce type d'exercice, basé sur l'imitation d'un modèle animé, semble prometteur pour stimuler la motricité fine et globale, tout en restant ludique et engageant.

10.5 Conclusion partielle

Ces tests ont permis de souligner à la fois l'accessibilité potentielle des serious games pour un public en situation de handicap moteur, et les ajustements nécessaires pour optimiser l'expérience utilisateur (temps de réponse, clarté des consignes, courbe d'apprentissage). Ils confirment l'intérêt de ces outils dans des contextes de rééducation ou de stimulation cognitive et motrice.

Afin de mieux évaluer l'impact de ces jeux sur le long terme, il serait pertinent de reproduire cette expérimentation avec les mêmes participants. Une telle démarche permettrait d'observer d'éventuels progrès, qu'ils soient liés à l'adaptation cognitive, à l'amélioration motrice, ou à une meilleure compréhension des mécaniques de jeu. Il serait également intéressant de faire tester le jeu Coach au second participant, afin de compléter les données d'observation

sur ce serious game.

11 Conclusions

12 Bibliographie

Références

- [BER2024] Somnath Bera, *fonctions vocales avec le Raspberry Pi Zero*, *Revue Elektor édition spéciale IA*, p 58 à 65, 2024
- [DEC2000] Deci, E. L., Ryan, R.M, *The "what" and "why" of goal pursuits : Human needs and the self-determination of behavior.*, *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268, 2000
- [FAL1986] Pierre Falzon, *Langages opératifs et compréhension opérative. Thèse de doctorat*, Université Paris V – La Sorbonne, 1986
- [KEL1987] Keller, J. M. (1987). *Development and use of the ARCS model of instructional design*. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
- [LAV2019] Michel Lavigne, *Peut-on apprendre en jouant avec le numérique ? La pertinence éducative des serious games*, HAL open science, 2019
- [FAL1986] Pierre Falzon, *Langages opératifs et compréhension opérative. Thèse de doctorat*, Université Paris V – La Sorbonne, 1986
- [SUN2020] Anu Suneja, *A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision : from YOLOv1 to YOLOv10*, Independently published, 2020
- [PAN2016] Tanay Pant, *Building a virtual assistant for Raspberry Pi*, APRESS, 2016
- [VAL2021] Thierry Val, Réjane Dalcé, Imen Megdiche, Oussema Fakhfakh, Khawla Ltif, *Etude, conception, réalisation et tests d'une nouvelle canne connectée intelligente multi-technologie radio*, HAL open science, 2021
- [WAN2021] Ting Wang, Rupert Grobler, Eric Monacelli, *The Developpment of EVAL Cane-A Smart Cane for the Evaluation of Walking Gait and Walking Environmenti*, HAL open science, 2021

13 Webographie

Références

- [1] L'apprentissage par problèmes : définition, avantages, principes, et étapes. Disponible en ligne : <https://www.profinnovant.com/apprentissage-par-problemes/>
- [2] Jeux sérieux et troubles du spectre de l'autisme. Disponible en ligne : <https://www.firah.org/upload/activites-et-publications/revue-de-litterature/e-goliah/rl-egoliah-fr.pdf>
- [3] Le behaviourisme : définition, exemples, et principes. Disponible en ligne : <https://www.bienenseigner.com/le-behaviorisme-definition-avantages-principes/>
- [4] Classcraft. Disponible en ligne : <https://sites.google.com/ulasalle.ac.cr/classcraft/accueil>
- [5] Constructivisme : définition, exemples, et principes. Disponible en ligne : <https://www.bienenseigner.com/constructivisme/>
- [6] Cycle de Kolb : la théorie de l'apprentissage. Disponible en ligne : <https://lemonlearning.com/fr/blog/cycle-de-kolb-la-theorie-de-lapprentissage>
- [7] Le concept de flow. Disponible en ligne : <https://www.gordon-crossings.com/psychologie-positive-le-flow-de-csikszentmihalyi/>
- [8] Kerbal Space Program. Disponible en ligne : <https://www. kerbalspaceprogram.com/>
- [9] La pyramide de Maslow. Disponible en ligne : <https://www.psychologue.net/articles/la-pyramide-de-maslow-la-theorie-des-besoins>
- [10] MediMoov : jeu vidéo et capture de mouvement pour l'activité physique. Disponible en ligne : <https://www.medimoov.com/>
- [11] Minecraft. Disponible en ligne : <https://www.minecraft.net/fr-fr>
- [12] Un serious game au service des patients. Disponible en ligne : <https://www.sorbonne-universite.fr/dossiers/sante/un-serious-game-au-service-des-patients/>
- [13] Socioconstructivisme : définition, exemples, et principes. Disponible en ligne : <https://www.bienenseigner.com/socioconstructivisme-definition-principes-methodes/>

- [14] Toap Run Troubles de la marche et de l'équilibre. Disponible en ligne : <https://www.curapy.com/jeux/toap-run/>
- [15] Passeur de mémoire. Disponible en ligne : https://capuchonalecole.eklablog.com/passeur-de-memoire-a113109138?utm_source=chatgpt.com
- [16] Premiers combats. Disponible en ligne : <https://premierscombats.com/jeuconcours>
- [17] Nuit chaude, douche froide. Disponible en ligne : <https://www.mypharma-editions.com/hra-pharma-lance-un-serious-game-sur-la-contraception-durgence>
- [18] Sauver Ada. Disponible en ligne : <https://netpublic-archive.societenumerique.gouv.fr/un-jeu-web-destine-a-faire-decouvrir-les-metiers-de-linternet-aux-jeunes/>
- [19] Death in Rome. Disponible en ligne : <https://serious.gameclassification.com/EN/games/43592-Death-in-Rome-/index.html>
- [20] Les îles du futur. Disponible en ligne : <https://edd.ac-besancon.fr/jeu-serieux-les-iles-du-futur/>
- [21] EDF Park. Disponible en ligne : <https://serious.gameclassification.com/FR/games/43533-EDF-Park/index.html>
- [22] America's army. Disponible en ligne : <https://www.goarmy.com/>
- [23] EVALUO. Disponible en ligne : <https://evaluo.eu/serious-games-avantages-inconvenients/>.
- [24] Le jeu Lghtbot. Disponible en ligne : <https://lightbot.com/>
- [25] Le jeu Crayon Physics Deluxe. Disponible en ligne : <http://www.crayonphysics.com/>
- [26] Keep talking and nobody explodes . Disponible en ligne : https://store.steampowered.com/app/341800/Keep_Talking_and_Nobody_Explodes/
- [27] SimCityEDU. Disponible en ligne : <https://www.esi.utexas.edu/files/SIMSCityChallenge.pdf>
- [28] Pulse!!. Disponible en ligne : <https://sgschallenge.org/game/pulse-the-virtual-clinical-learning-lab/>
- [29] Inside the Haiti earthquake. Disponible en ligne : <https://insidedisaster.com/experience/login.html>
- [30] Flight Simulator. Disponible en ligne : <https://www.asobostudio.com/games/microsoft-flight-simulator>

- [31] Le jeu Duolingo. Disponible en ligne : <https://apps.apple.com/fr/app/duolingo-cours-de-langue/id570060128?platform=iphone>
- [32] Re-Mission. Disponible en ligne : <http://wolfaryx.fr/index.php/2013/04/re-mission-un-jeu-video-serious-game-pour-les-enfants-atteints-de-can>
- [33] Le jeu Foldit. Disponible en ligne : <https://fold.it/>
- [34] J'apprends la sécurité. Disponible en ligne : <https://www.sports.gouv.fr/un-serious-game-de-prevention-pour-eviter-les-accidents-de-la-vie-courante->
- [35] Le jeu Diagnosia. Disponible en ligne : <https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-023-04789-x>
- [36] Le jeu Mission Ocean. Disponible en ligne : <https://mission-ocean.org/>
- [37] Le jeu Crisis Response. Disponible en ligne : <https://pedagogie.unicaen.fr/un-jeu-de-role-pour-apprehender-la-gestion-de-crise/>
- [38] Le jeu Enercities. Disponible en ligne : <https://pedagogie.unicaen.fr/un-jeu-de-role-pour-apprehender-la-gestion-de-crise/>
- [39] Effectiveness of Serious Games for Improving Executive Functions Among Older Adults With Cognitive Impairment : Systematic Review and Meta-analysis. Disponible en ligne : https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9361143/?utm_source=chatgpt.com
- [40] Le jeu Toap Run . Disponible en ligne : <https://www.curapy.com/jeux/toap-run/>
- [41] Le projet e-GOLIAH . Disponible en ligne : <https://www.curapy.com/jeux/e-goliah/>

14 Annexes

14.1 Annexe 1 : Protocole de l'entretien

Date de l'entretien : _____

Nom : _____

Âge : _____

Jouez-vous à des jeux, lesquels ?

Avez-vous des difficultés lorsque vous jouez à des jeux ?

Quels sont les jeux qui vous plairaient dans la liste ?

Quel type d'interface souhaiteriez-vous ?

Est-ce que vous aimeriez participer à ce projet ?

14.2 Annexe 2 : Exemple d'entretien

Date de l'entretien : 09-04

Nom : Lamia

Âge : 14 ans

Jouez-vous à des jeux, lesquels ?

- Jeux de mémoire
- Taping land

Avez-vous des difficultés lorsque vous jouez à des jeux ?

- Motricité fine
- Coordination de mouvements

Quels sont les jeux qui vous plairaient dans la liste ?

- Jeu picto
- Dance des gestes
- Cuisine express
- Breakthrough

Quel type d'interface souhaiteriez-vous ?

- Télé

Est-ce que vous aimeriez participer à ce projet ?

Oui.

14.3 Annexe 3 : Les types de handicaps rencontrés

Nom	Moteur globale	Moteur fin	Cognitif mémoire	Cognitif langage	Cognitif attention	Cognitif retard intellectuel
Ayoub	N	N	O	N	O	O
Luciana	N	N	O	N	O	O
Nehemie	O	N	O	N	O	O
Rayan	N	N	N	N	N	N
Ibrahim	O	O	O	N	O	O
Jean-David	N	N	O	N	O	N
Lamine	N	N	O	N	N	O
Lamia	N	N	N	N	N	N
Ismael	N	N	N	N	N	N
Ferima	N	O	O	N	O	O
Mohamed	O	O	O	O	O	O

14.4 Annexe 4 : La liste des jeux proposés

Attrape-les bulles !

But : Faire apparaître des bulles ou objets animés à l'écran. Les utilisateurs doivent les « toucher » avec la main.

- **Mécanique** : quand la main passe sur une bulle, elle « éclate ».
- **Utilité** : améliore la coordination main-œil, l'amplitude des gestes, et la précision.
- **Niveaux** : vitesse des bulles, taille, ou main gauche / droite alternée.

Tetris gestuel

But : Contrôler des pièces qui tombent en les déplaçant ou tournant avec des gestes simples.

- Main droite à droite = déplacer à droite
- Main gauche à gauche = déplacer à gauche
- Deux mains levées = rotation
- **Utilité** : coordination bilatérale, contrôle directionnel, concentration.

Cuisinier Express

But : Des aliments apparaissent à l'écran et il faut effectuer un geste précis pour les trier ou les « préparer ».

- Tomate = ouvrir la main
- Carotte = mouvement circulaire
- Poisson = mouvement de va-et-vient
- **Utilité** : reconnaissance de gestes spécifiques, amélioration des mouvements fins.

Danse des gestes

But : Reproduire une séquence de gestes montrés à l'écran.

- Le jeu montre une suite (main levée, bras tendu, main sur l'épaule, etc.)
- Le joueur doit la reproduire dans le bon ordre.
- **Utilité** : mémoire motrice, concentration, amplitude articulaire.

Peinture magique

Peinture magique

But : L'utilisateur dessine sur l'écran en bougeant sa main dans l'air (comme un pinceau invisible).

- Proposer des défis : « dessine un cercle », « colorie la zone bleue »
- Utiliser une détection de la paume pour tracer
- **Utilité** : précision du geste, amplitude, créativité.

Conduite gestuelle

But : Contrôler un véhicule avec les mains (comme un volant).

- Tourner le poignet = tourner la voiture
- Main levée = accélérer
- Mains basses = ralentir
- **Utilité** : coordination fluide, contrôle fin des mouvements.

Attrape les oiseaux / évite les obstacles

But : L'utilisateur bouge sa main (ou son corps) pour déplacer un avatar (oiseau, vaisseau, etc.) et éviter des obstacles.

- **Utilité** : réflexes, coordination, fluidité du geste.

Le singe Imitateur

Concept : Un petit singe virtuel fait un geste, et l'utilisateur doit le reproduire.

- L'agent IA observe ensuite l'utilisateur et dit : « Oui ! C'est parfait ! », ou « Hmm, essaie de lever le bras un peu plus »
- **Bénéfice** : Imitation motrice, mémoire visuelle, coordination.
- **IA** : Détection des gestes + feedback personnalisé.

Le maître du Temple

Concept : L'utilisateur suit des instructions gestuelles pour progresser dans un temple magique (levée de bras, torsion du buste, etc.)

- L'agent IA (guide spirituel) dit : « Pour ouvrir la porte, fais un cercle dans l'air... »
- **Bénéfice** : Enchaînements de gestes, précision, posture.
- **IA** : Narration, évaluation de la posture, adaptation de la difficulté.

Docteur Geste

Concept : Un mini-jeu de soins où l'utilisateur doit faire des gestes pour « soigner » un personnage.

- Appliquer une pommade = frotter en cercle
- Tirer une flèche = tirer la main vers l'arrière
- Réveiller un patient = gestes rapides
- **IA** : Guide avec des consignes, adapte à la fatigue.
- **Bénéfice** : Coordination, précision, mouvements complexes.

L'Explorateur d'Étoiles

Concept : Un jeu d'exploration spatiale avec mouvements du corps.

- Lever le bras = capter une étoile
- Étendre les bras = activer une station
- Mouvement circulaire = ouvrir une passerelle
- **IA** : Robot assistant spatial (« NOVA ») : encouragements et pauses adaptées.
- **Bénéfice** : Mouvements amples, équilibre, posture.

Le coach Virtuel

Concept : L'agent IA suit les progrès, propose des exercices quotidiens, donne des encouragements et affiche les résultats.

- Objectifs quotidiens (ex. gestes vers le haut)
- Graphique de progression

- Encouragements personnalisés
- **Bénéfice** : Motivation, suivi thérapeutique, routines.
- **IA** : Traitement des données gestuelles + adaptation du programme.

Percée Douce (Breakthrough pour tous)

Concept : Jeu de stratégie où l'objectif est de faire traverser un pion jusqu'à l'autre côté du plateau.

- L'IA commente, encourage, et propose de l'aide si besoin.
- **Bénéfices** : Compréhension de règles simples, stratégie, confiance, patience.
- **IA** : Niveau adaptable, feedback positif, aide sans jugement.

Mémo-Picto

Concept : Jeu de mémoire avec pictogrammes à reconstituer dans le bon ordre (voix, gestes, objets).

- Augmentation progressive de la difficulté (nombre de pictos, similarités, narration)
- Interaction vocale ou gestuelle au choix
- **Bénéfices** : Mémoire visuelle, concentration, langage, expression gestuelle, confiance.
- **IA** : Rasa (guidage vocal), MediaPipe (gestes), YOLO (objets), aide adaptée sans jugement.

14.5 Annexe 5 : Questionnaire pour le personnel soignant

Questionnaire - Serious Game pour Personnes en Situation de Handicap
Bonjour,

Dans le cadre d'un projet de création de *serious game* destinés aux personnes en situation de handicap, nous sollicitons votre expertise de professionnel(le) du soin/accompagnement. Votre retour nous aidera à concevoir un outil réellement adapté aux besoins des patients et aux pratiques de terrain.

Merci beaucoup pour votre précieuse contribution ! (Le questionnaire prend environ 5 à 10 minutes.)

1. Informations générales

- Votre fonction actuelle : ... (ex : ergothérapeute, éducateur spécialisé, orthophoniste, psychomotricien, autre...)
- Depuis combien d'années travaillez-vous dans le domaine du handicap ?
- Avec quels types de handicap travaillez-vous principalement ?
 - Handicap moteur
 - Handicap cognitif
 - Handicap sensoriel
 - Handicap psychique
 - Handicap multiple
 - Autre (précisez) :

2. Utilisation actuelle des jeux

- Utilisez-vous déjà des jeux dans votre pratique professionnelle ?
 - Oui
 - Non
- Si oui, lesquels ?
- Pour quels objectifs utilisez-vous les jeux ? (plusieurs réponses possibles)
 - Stimulation cognitive
 - Développement de la motricité fine

- Travail sur la coordination globale
- Socialisation et interaction
- Autonomie quotidienne
- Gestion des émotions
- Autre (précisez) :

3. Attentes vis-à-vis d'un serious game

- Selon vous, quels bénéfices un serious game pourrait-il apporter à vos patients ?
- Quelles compétences souhaiteriez-vous développer via un serious game ?
 - Attention et concentration
 - Mémoire
 - Planification et organisation
 - Langage oral et écrit
 - Coordination motrice
 - Autonomie quotidienne
 - Gestion émotionnelle
 - Autre (précisez) :
- Y a-t-il des activités ou thématiques que vos patients apprécient particulièrement ?

4. Contraintes et accessibilité

- Quels types d'adaptations seraient indispensables pour vos patients ?
 - Accessibilité motrice (commandes simplifiées, manette adaptée...)
 - Accessibilité cognitive (interface claire, navigation intuitive...)
 - Lecture automatique des consignes
 - Utilisation de pictogrammes ou d'images simples
 - Contraste élevé pour malvoyants
 - Autre (précisez) :
- Quelles sont les principales barrières rencontrées par vos patients face au numérique ?
- Selon vous, quelle durée idéale devrait avoir une session de jeu ?

- Moins de 10 minutes
- 10 à 20 minutes
- Plus de 20 minutes
- Quel type de retour serait le plus motivant pour vos patients ?
 - Feedback positif immédiat (ex : félicitations)
 - Récompenses progressives (ex : niveaux, badges)
 - Liberté d'explorer sans sanction d'échec
 - Autre (précisez) :

5. Suggestions libres

- Auriez-vous des idées concrètes ou des souhaits spécifiques pour le serious game ?
- Souhaitez-vous être recontacté(e) pour participer à une phase de test ou pour être informé(e) des avancées du projet ?
 - Oui
 - Non
- (Si oui, merci d'indiquer votre e-mail ou téléphone.)

Un grand merci pour votre aide précieuse.

N'hésitez pas à ajouter tout commentaire libre en fin de réponse.

Très cordialement,

Florian Lefebvre

Projet Serious Game - Université Paris 8

florian.lefebvre03@etud.univ-paris8.fr

14.6 Annexe 6 : Intégration d'une animation Mixamo dans Panda3D

Objectif

Ce guide décrit les étapes pour passer d'une animation téléchargée sur **Mixamo** à son intégration dans un projet **Panda3D**, en utilisant éventuellement **Blender** et l'outil **gltf2bam**.

Téléchargement depuis Mixamo

1. Aller sur <https://www.mixamo.com>
2. Choisir un personnage (ou conserver celui par défaut).
3. Sélectionner une animation (ex. : lever de bras, sauter, etc.).
4. Cliquer sur **Download**, puis choisir :
 - Format : FBX Binary
 - Skin : With Skin (ou Without Skin pour appliquer l'animation à un autre modèle)
 - FPS : 30
5. Cliquer sur **Download** pour récupérer le fichier **.fbx**.

Conversion du fichier FBX

Option 1 : Avec Blender (recommandé)

1. Ouvrir Blender.
2. **File > Import > FBX (.fbx)** pour importer le fichier.
3. Vérifier que l'animation est présente (onglet Animation).
4. **File > Export > glTF 2.0 (.glb/.gltf)** :
 - Cocher **Animation**
 - Exporter sous **animation.glb**

Option 2 : Conversion avec gltf2bam

```
1 gltf2bam animation.glb -o animation.bam
```

Ou visualiser dans le viewer Panda3D et exporter :

```

1 gltf-viewer animation.glb
2 # puis File > Export BAM

```

Chargement de l'animation dans Panda3D

```

1 from direct.showbase.ShowBase import ShowBase
2 from direct.actor.Actor import Actor
3
4 class MonApp(ShowBase):
5     def __init__(self):
6         super().__init__()
7         self.disableMouse()
8         self.modele = Actor("models/animation.bam",
9             {"anim": "models/animation.bam"})
10        self.modele.reparentTo(self.render)
11        self.modele.setScale(10)
12        self.modele.setPos(0, 30, -5)
13        self.modele.loop("anim")
14
15 app = MonApp()
16 app.run()

```

Résumé des outils

Outil	Utilité
Mixamo	Télécharger des animations/personnages
Blender	Vérifier/exporter les fichiers en glTF
gltf2bam	Convertir les fichiers .gltf/.glb vers .bam
Panda3D	Moteur de jeu pour afficher les animations

N'hésitez pas à adapter les paramètres selon votre animation et votre projet.

14.7 Annexe 7 : Script d'intégration d'un jeu dans la plateforme

```
1 import subprocess
2 import time
3 import os
4 import signal
5 import platform
6
7 # Dossier du projet Rasa
8 rasa_path = r"D:\datasets\CAM\reeduc\rasa_bulle"
9
10 # 1. Lancer Rasa en tant que processus contrôlable
11 rasa_process = subprocess.Popen(
12     ["rasa", "run", "--enable-api"],
13     cwd=rasa_path,
14     creationflags=subprocess.CREATE_NEW_PROCESS_GROUP # Windows
15 )
16
17 # 2. Attendre que Rasa démarre
18 time.sleep(5)
19
20 # 3. Lancer ton jeu
21 try:
22     os.system("python rasa_bulle/bulle5.py")
23 finally:
24     print("Jeu termine, arret de Rasa... ")
25     # 4. Stopper Rasa proprement
26     if platform.system() == "Windows":
27         # Utiliser taskkill pour forcer l'arret (si
28         # CTRL_BREAK_EVENT echoue)
29         subprocess.call(["taskkill", "/F", "/T", "/PID",
30                         str(rasa_process.pid)])
31     else:
32         rasa_process.terminate()
33     print("Rasa stoppe.")
```

Listing 1 – Script Python de lancement de Rasa et du jeu