

Remerciements

Table des matières

Introduction	4
1 Présentation	5
1.1 L’Institut des Sciences Cognitives	5
1.2 L’équipe	5
2 Projet en cours	6
2.1 L’attention	6
2.2 Les tâches d’entraînement	9
2.2.1 La tâche de CPT	9
2.2.2 Le gaborium	12
3 Problématique	13
4 Réalisation	14
4.1 Demande du client	14
4.2 Solutions proposées	15
4.2.1 Les mini jeux	15
4.2.2 Contexte	18
4.2.3 Le multijoueur	19
4.3 Mise en place de l’environnement	21
4.3.1 Gestion de projet	21
4.3.2 Le devops	21
4.4 Prototypage du premier jeu	24
4.4.1 Le concept	24
4.4.2 Création de la première scène	25
4.4.3 Amélioration du design et du gameplay	27
4.5 Gestion des données	32
4.5.1 Des données à analyser	32
4.5.2 Méthode d’envoi des données	34
4.5.3 Récupération et traitement des données	35
Conclusion	37
Acronymes	38
Glossaire	39
Bibliographie	40
Annexes	40

Table des figures

1	Les différents aspects de l'attention sélective	6
2	L'évolution de la vigilance au cours du temps	7
3	Relation entre la difficulté de la tâche et la vigilance	8
4	Gabor	9
5	Dispositif de la tâche de CPT et modélisation d'un gabor . .	9
6	Exemple d'une partie de série de la tâche de CPT	10
7	Exemple d'une partie de test de discrimination	11
8	Gaborium avec les directions de certains gabors affichées .	12
9	Concept mini pipe	16
10	Mini jeu drones	16
11	Mini jeu Spaceship	17
12	Profondeur des mondes	18
13	Mini jeu Hacker	20
14	Scénarios	20
15	Le Devops	22
16	Le devops sur Gitlab	22
17	Schéma du réseau	23
18	Temps de réaction	24
19	1 ^{er} prototype	25
20	Objets	25
21	Evolution de la difficulté	26
22	Décor	27
23	Création des tubes	27
24	Décor	27
25	Barillier de tubes	28
26	Narration	28
27	Tubes à ouvrir selon la situation	29
28	Le scoring dans Osu	31
29	Multi	31
30	Le scoring dans notre jeu	32
31	L'évolution de mes performances sur la tâche de CPT sur 5 sessions	33
32	Diagramme d'envoi des données	35
33	Fonctionnement du parseur de données	36

Introduction

1 Présentation

1.1 L’Institut des Sciences Cognitives

Mon stage se déroule à l’Institut des Sciences Cognitives (ISC) à Bron. Cet institut fait partie du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). L’institut regroupe deux départements : le département de neurosciences cognitives et le département du langage, cerveau et cognition. Chaque département regroupe des équipes de chercheurs qui étudient le comportement du cerveau, notamment de son aspect cognitif. Leurs travaux peuvent aboutir sur des papiers de recherche pouvant détailler des découvertes ou des nouveaux protocoles par exemple. Vous pouvez obtenir plus d’informations sur l’ISC sur leur site internet[2]. Il faut compléter

1.2 L’équipe

Parler de l’équipe

2 Projet en cours

2.1 L'attention

L'équipe dont je fais partie étudie particulièrement l'attention. Des hypothèses ont été faites par des chercheurs sur la manière dont elle se manifeste et comment nous l'utilisons. Le cerveau reçoit en permanence une multitude d'informations de la part de son environnement que l'on appelle des *stimuli*. Il n'est pas capable de traiter tous ces stimuli dans la durée et doit donc se focaliser sur les informations les plus importantes. A l'heure du numérique, l'être humain a tendance à perdre sa capacité d'attention dans la durée. En effet, les smartphones et leur notifications par exemple ont tendance à sortir leur propriétaire assez régulièrement de leur tâche en cours. Ce qui entraînerait une chute de performance sur des tâches qui nécessitent une attention prolongée.

D'après nos observations, nous pensons que l'attention est *sélective*. Elle agit comme un filtre qui se focalise sur ce qui nous paraît le plus important parmi les informations reçues. Elle peut filtrer les informations selon leur aspect spatial, visuel, auditif ... (image de gauche sur la figure 1). Par exemple, pour porter notre focalisation sur un élément visuel, notre attention va faire bouger nos yeux et placer l'élément en plein milieu de notre champs de vision. Cela permet d'avoir des informations plus détaillées que si l'élément était à la périphérie du champs visuel (image de droite sur la figure 1). En même temps, si l'élément est purement visuel, l'attention va filtrer les informations auditives pour devoir en traiter le moins possible.

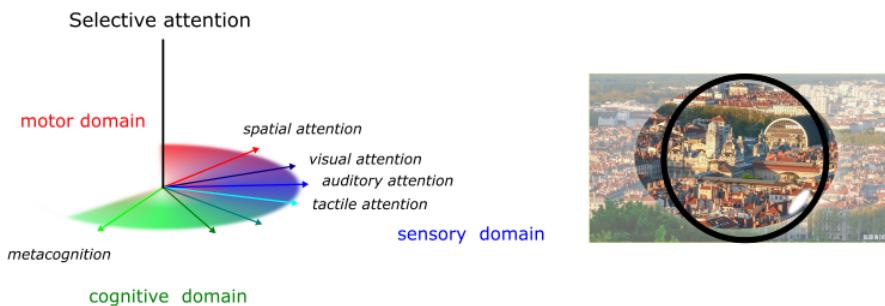


FIGURE 1 – Les différents aspects de l'attention sélective

Nous pouvons observer une différences de capacités attentionnelles entre les personnes jeunes et âgées. En effet, les jeunes peuvent facilement déplacer leur attention d'un élément à un autre. C'est *l'attention divisive*. En revanche, ils ont beaucoup de difficultés à la maintenir efficacement dans

le temps sur une tâche bien précise. Cette capacité s'appelle *l'attention soutenue* ou *vigilance*. Les personnes plus âgées ont de par leur expérience une meilleure attention soutenue. Mais, du fait de leur âge, leur attention divise n'est pas très performante.

Notre capacité d'attention soutenue dépend de chacun. Plus la tâche est longue et moins il est facile de maintenir son attention. Si la tâche est prévisible, son exécution va devenir un automatisme et augmentera le risque de vagabondage mental de la personne. Le *vagabondage mental* est un état où la personne a des pensées qui n'ont aucun rapport avec la tâche qu'elle exécute. Le moment où elle rentre dans l'état de vagabondage est appelé le *décrochage* (voir figure 2).

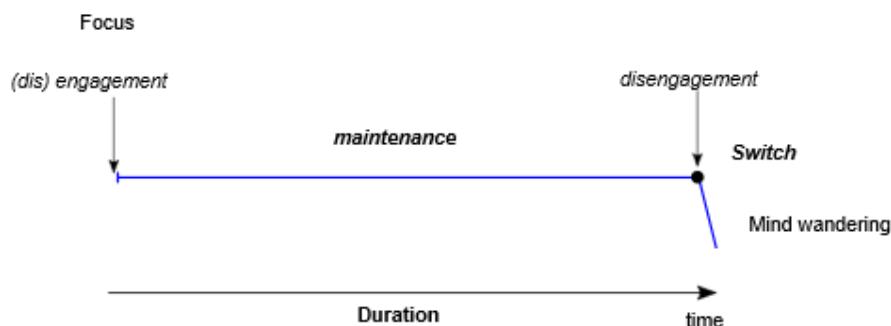


FIGURE 2 – L'évolution de la vigilance au cours du temps

La difficulté de la tâche rentre aussi en jeu dans le décrochage d'une personne. En effet, si la tâche est trop facile, elle peut devenir prévisible, ennuyeuse et ne pas nécessiter beaucoup de vigilance. Le sujet va alors rentrer dans un état exécutif plus qu'attentionnel. Mais si celle-ci est trop difficile, elle va demander beaucoup plus de vigilance et la personne peut décrocher de fatigue, de stress ... Pour de meilleures performances, il faut également que le rapport effort de vigilance/motivation soit intéressant. Si ces facteurs de difficulté et de motivation sont bien ajustés, la vigilance peut atteindre un optimum, symbolisant la capacité maximale de la personne (voir figure 3), et qui diffère pour chacun. Cela va nous servir dans le paramétrage des tâches d'entraînement de l'attention dont nous parlerons dans la partie 2.2.

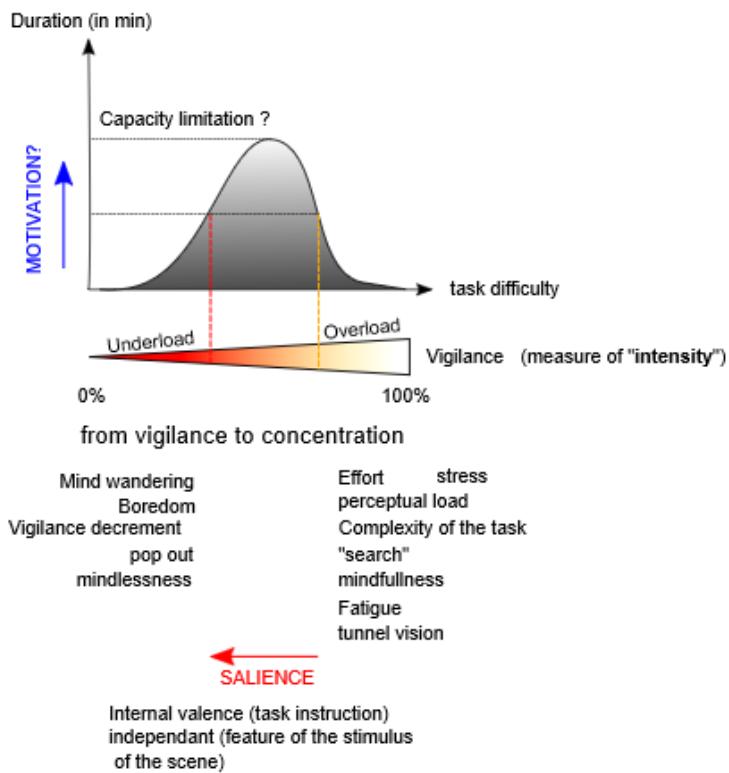


FIGURE 3 – Relation entre la difficulté de la tâche et la vigilance

Il existe une autre facette de l'attention. Celle-ci peut être sollicitée de la même manière tout au long d'une tâche qui ne change pas. Mais il est aussi possible que le contexte change et que la réalisation de la tâche soit différente. C'est à dire que selon un contexte donné, une action peut être requise ou non. Il faut alors concentrer son attention sur le fait de empêcher de faire cette action si le contexte le demande. On appelle cela l'*attention exécutive*. Cet aspect nécessite un certain contrôle de notre attention.

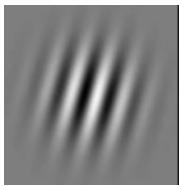
Des études récentes sur des adolescents et des jeunes adultes ont montré un lien entre un usage non modéré des smartphones et surtout des applications de réseaux sociaux comme Twitter, Facebook ... et une baisse des capacités d'attention soutenue [4]. C'est pourquoi le projet Entrainement des capacités de Concentration et d'Attention en milieu Scolaire (ECAS) a pour but d'utiliser ces supports censés perturber l'attention pour l'améliorer grâce à un jeu sérieux d'entraînement.

2.2 Les tâches d'entraînement

L'amélioration d'une compétence nécessite de l'entraînement. C'est la même chose pour notre attention. Si l'on veut l'améliorer, il faut s'entraîner régulièrement. L'entraînement de l'attention nécessite la répétition d'une tâche assez difficile pour nécessiter un peu plus que l'attention dont la personne est capable d'utiliser. Elle doit réussir environ 75% de la tâche (entre 50 et 100% sans jamais atteindre ces extrêmes) si elle veut s'améliorer.

Lors de la réalisation d'une tâche, ce sur quoi notre attention doit se porter s'appelle *la cible*. Tous les événements autres pouvant nous tromper s'appellent *les distracteurs*. Deux tâches d'expérimentation ont été créées par le doctorant SIMON CLAVAGNIER afin de vérifier certains points de l'entraînement. Ces tâches ont été réalisée sous Matlab avec la bibliothèque Psychtoolbox .

2.2.1 La tâche de CPT



4 – Gabor

Le dispositif Le joueur est placé à une distance de 57 cm d'un écran grâce à une mentonnière qui permet de garder une certaine stabilité. Il dispose d'un clavier avec lequel il se sert uniquement des touches *espace* et *1* et *2* du pavé numérique. Des stimuli sous forme de *gabors* sont présentés au sujet. La cible est un gabor orienté à 45°. Les distracteurs sont des gabors dont l'orientation varie entre 6 et 42° par rapport à la cible. Les stimuli apparaissent aléatoirement pendant une période de 80 ms. La cible a une probabilité d'apparition de 12.5%, soit 1/8. Pour ne pas donner de rythme à l'apparition des stimuli, un temps d'attente de 200ms à 1 seconde les espaces.

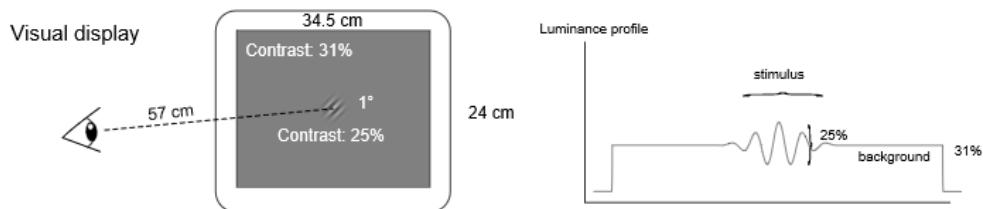


FIGURE 5 – Dispositif de la tâche de CPT et modélisation d'un gabor

Le sujet a pour objectif de taper sur la barre espace lorsqu'il reconnaît la cible. Il dispose d'une seconde après l'apparition de la cible pour répondre. Nous ne cherchons pas à mesurer les réflexes du sujet mais sa capacité de concentration. S'il trouve la cible, le sujet entend un bip. S'il tape sur un distracteur, il entend un cri. Le sujet a quatre possibilités de réponses :

- Il appuie sur une cible. C'est une réponse *correcte* appelée un *hit*.
- Il n'appuie pas sur un distracteur. C'est une réponse *correcte*.
- Il appuie sur un distracteur. C'est une réponse *incorrecte* appelée une *false alarm*.
- Il n'appuie pas sur une cible. C'est une réponse *incorrecte* appelée un *miss*.

Le sujet réalise plusieurs séries dans lesquelles il doit trouver la cible 80 fois. La durée complète de l'entraînement dépend des capacités du sujet. Elle oscille généralement entre 1 et 2h pour pouvoir observer des variations durant l'entraînement et des améliorations au fur et à mesure des sessions. Les séries sont entrecoupées d'un test de discrimination.

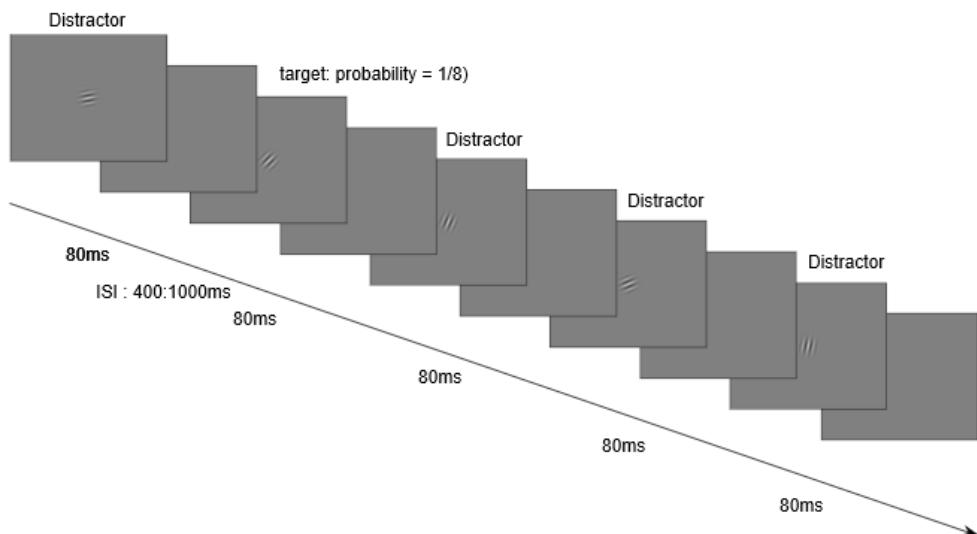


FIGURE 6 – Exemple d'une partie de série de la tâche de CPT

Le test de discrimination Tout le monde n'a pas la même sensibilité visuelle. Il est donc nécessaire de vérifier la perception du sujet afin de calibrer ses résultats en fonction. Le dispositif est le même que pour la tâche de CPT. La cible et les distracteurs sont les mêmes. On demande au sujet de fixer un point central et on affiche des couples cible/distracteur présentées aléatoirement. Un premier stimulus est affiché pendant 80ms, suivi d'un masque pendant 50ms. Ce masque sert à interrompre les post traitements du stimulus. Puis un écran vierge est présenté pendant 1 secondes. On

affiche ensuite le deuxième stimulus du couple de la même manière que le premier. Le sujet doit alors dire si la cible a été présenté en premier ou en deuxième avec les touches 1 et 2 du pavé numérique. Il a 1.5 secondes pour répondre. Comme pour la tâche de CPT, s'il a juste, il entend un bip, sinon un cri. Les couples cibles/distracteurs peuvent apparaître soit au milieu de l'écran en vision centrale, soit légèrement décalé à droite ou à gauche, à la vision périphérique du sujet. Le test de discrimination dure environ 6 minutes, puis une nouvelle série de la tâche de CPT est lancée.

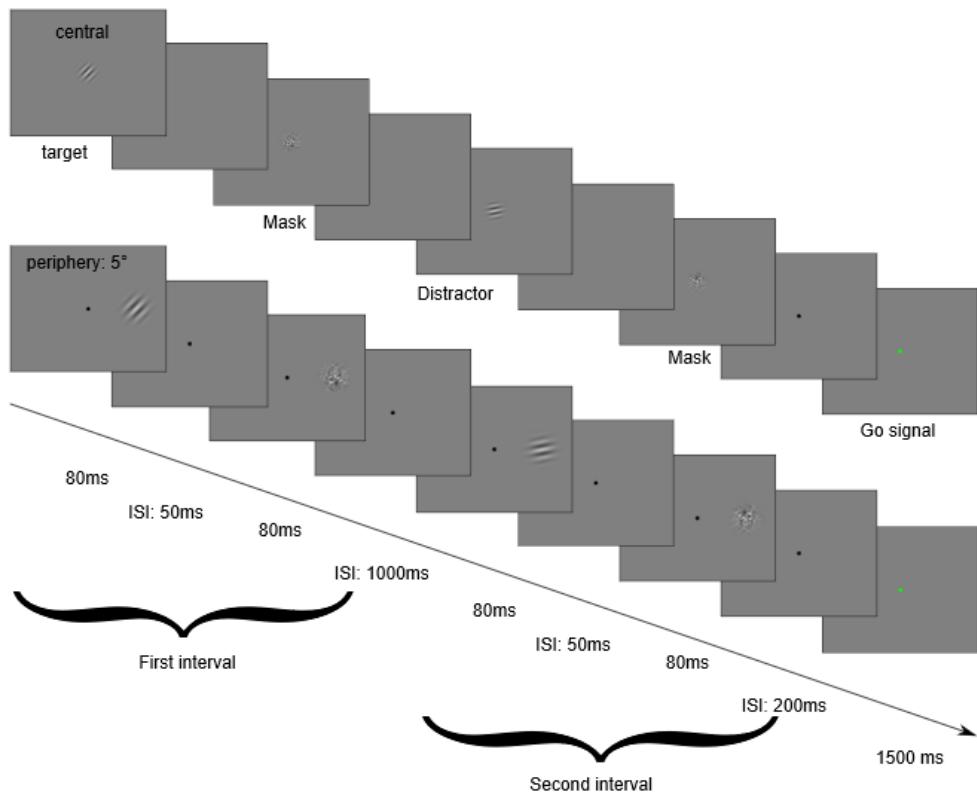


FIGURE 7 – Exemple d'une partie de test de discrimination

Traitement des données Certaines données sont mémorisées pour être analysées par la suite par les chercheurs. Cela permet de suivre l'évolution de chaque sujet. Mais nous en parlerons plus en détails dans la partie 4.5.

2.2.2 Le gaborium

Le dispositif Le gaborium utilise également des gabors comme stimulus. Un écran rempli d'une multitudes de gabors de tailles et d'orientations différentes est montré au sujet. Tous les distracteurs sont des gabors avec une direction et une vitesse de mouvement constante. La cible est un gabor dont la direction et la vitesse changent constamment. Dans cette tâche, le sujet doit cliquer sur la cible avec la souris dès qu'il l'aperçoit. La cible disparaît alors et une autre cible fait son apparition après un laps de temps variable. L'œil droit du sujet est traqué à l'aide d'un eye tracker Eyelink. Il doit également appuyer sur la barre espace s'il sent qu'il n'est plus concentré sur la tâche de Gaborium.

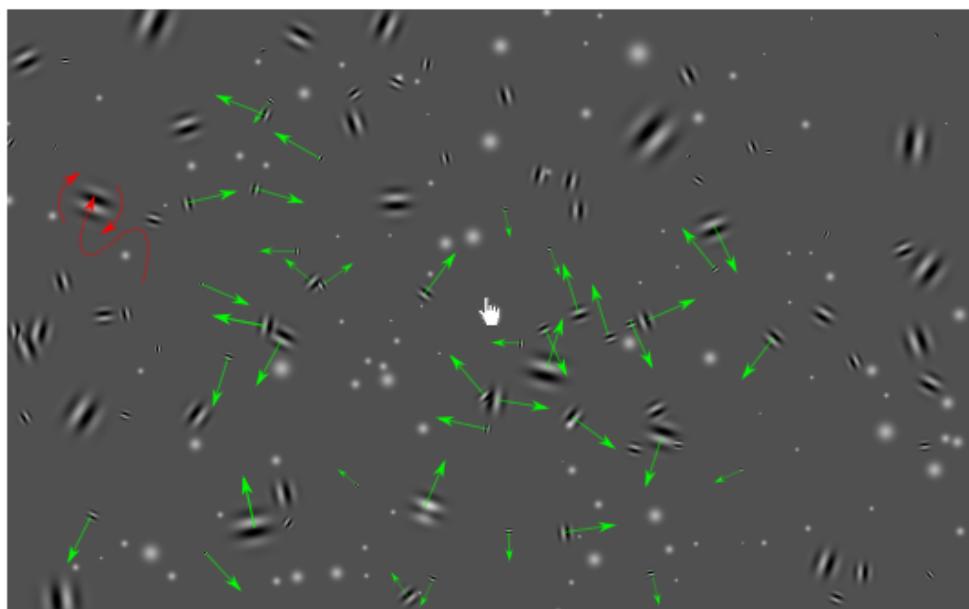


FIGURE 8 – Gaborium avec les directions de certains gabors affichées

Traitement des données Il faut traiter les données mais on sait pas comment donc il faut demander à Simon !!!

3 Problématique

D'après la recherche, il est possible d'améliorer son attention avec de l'entraînement. L'équipe de Suliann Ben Hamed l'a prouvé à l'aide de protocoles expérimentaux dont les résultats ont été très satisfaisants. Le but est maintenant de pouvoir tester ces protocoles en grandeur nature sur des élèves et d'observer leur impact sur leur concentration en cours, voir même sur leurs résultats. Mais ces protocoles ont néanmoins un gros défaut. Ils ne sont pas attractifs et sont même rébarbatifs. Il est donc difficile de motiver un élève à consacrer 1h par jour de son temps sur cet entraînement. C'est pourquoi l'objectif de mon stage est trouver un moyen de rendre ces entraînements attractifs, voir même addictifs. L'idée est de réaliser un jeu vidéo qui ressemble plus ou moins aux protocoles mais qui aurait les mêmes effets. La question qui en découle est donc :

Peut-on entraîner l'attention à l'aide d'un jeu vidéo ?

A cette question s'ajoutent quelques difficultés à ne pas négliger, la première étant la communication avec les chercheurs. En effet, il est nécessaire de comprendre leurs recherches afin de bien saisir leurs besoins et de parler "la même langue".

De plus, il est important de prendre en compte les contraintes techniques notamment en matière de réseau et de stockage de données permettant l'analyse des entraînements.

4 Réalisation

Dans cette partie, je vais détailler toute la réalisation faite durant mon stage. Nous avons été deux stagiaires de Gamagora, Mathieu Nivoliez et moi-même, à travailler sur ce projet.

4.1 Demande du client

Dans le cadre de la réalisation du projet, des discussions préliminaires sur comment les chercheurs voyaient les choses ont d'abord eu lieu. Ils avaient quelques idées, donc nous avons pu partir sur cette base pour pouvoir proposer des solutions. Voici les demandes qui nous ont été faites :

- 1** Pour que les joueurs jouent régulièrement à notre jeu, il faut que celui soit assez attractif.
- 2** L'attention comporte plusieurs aspects (spatiale, divisive, exécutive ...). Il faudrait dans le jeu un monde pour chaque aspect. Le joueur commencerai par un mode simple, exigeant seulement son attention soutenue, puis les monde suivant intégreraient petit à petit les autres aspects. Il est néanmoins nécessaire de choisir l'ordre des mondes, dont la difficulté n'est pas forcément la même pour tout le monde.
- 3** Généraliser le contexte : si un joueur améliore ses capacités seulement dans un contexte précis, rien ne nous dit qu'il va s'en servir dans d'autres contextes, que ce soit dans d'autres jeux ou dans la vie de tous les jours.
- 4** La difficulté doit être adaptative. En effet, chacun à ses propres capacités attentionnelles. Pour que les joueurs puissent progresser, il est nécessaire que le jeu s'adapte pour leur proposer la bonne difficulté de jeu.
- 5** Il est nécessaire de recueillir les données des joueurs pour pouvoir analyser leur progression attentionnelle.
- 6** Ce projet est réalisé dans le cadre de l'éducation nationale. La cible principale du jeu sera donc les étudiants au collège et lycée. L'idée est de proposer aux professeurs de faire jouer leurs élève en cours, 1h par semaine. Il faut donc trouver une solution pour que le projet les intéresse.
- 7** Les dynamiques de groupe aident souvent à progresser dans beaucoup de domaines. Il serait donc intéressant de proposer un mode multijoueur dans lequel un groupe de 3 ou 4 étudiants joueraient en coopération pour

atteindre un but. La compétition aidant aussi, on peut imaginer que les groupes joueraient les uns contre les autres. Dans ce contexte, il est important de ne pas oublier d'inclure le professeur dans la boucle de jeu pour qu'il puisse interagir avec ses élèves.

8 L'ISC doit pouvoir garder la main sur le code source en cas de partenariat avec un studio de jeu.

4.2 Solutions proposées

Ces demandes font une bonne base pour un début de réflexion. Nous avons travaillé en étroite collaboration avec les chercheurs afin de leur proposer les solutions les plus pertinentes. En parallèle, nous avons aussi servi de sujet à leurs tâches d'entraînement. Cela nous a permis de bien comprendre par quels procédés l'entraînement de l'attention était possible et comment nous pouvions l'adapter à un jeu.

4.2.1 Les mini jeux

Notre réflexion s'est d'abord porté sur le style de jeu. Nous avions besoin de confronter le joueur à divers contextes et gameplay pour pouvoir généraliser son apprentissage. Nous en sommes venu à la conclusion que le mieux était de faire un ensemble de mini jeux. Pour leur réalisation, nous avions deux possibilités : garder le principe de la tâche tout en la modifiant pour la gamifier, ou bien juste habiller la tâche.

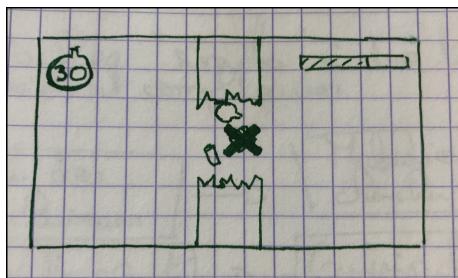
Comme nous avons fait le choix de réaliser plusieurs mini jeux, nous avons préféré partir sur l'idée de garder le principe de la tâche en la modifiant. En effet, les mini jeux doivent différer pour améliorer l'apprentissage.

Des idées de mini jeux nous sont venus à l'esprit assez rapidement :

- Boxeur : identifiant les coups de l'adversaire pour choisir les bonnes actions (éviter, frapper ...)
- Sonore : reconnaître un son parmi une foule de sons distincts
- Carrousel : un carrousel d'images défile avec des formes et couleurs semblables. Il faut reconnaître une image en particulier.
- Flèche : reprise de la tâche de CPT et se servir de l'orientation pour atteindre une cible
- Runner : runner classique avec des objets du décor à éviter, en rajoutant des objets à récupérer comme Mario kart qui défilent dans une boîte
- Asterix : reconnaître des romains (cible) qui apparaissent et disparaissent et les taper rapidement, il faut faire attention à ne pas taper les gaulois (distracteurs)

- Tubes : des objets tombent à l'intérieur d'un tube ouvert, il faut retirer certains objets

Après une réflexion plus poussée, nous avons approfondi certaines idées, oublié les autres, et trouvé de nouvelles. Nous avons également choisi un thème pour notre jeu qui donne une ambiance intéressante : la science-fiction (SF). C'est un thème qui parle beaucoup aux jeunes et qui permet de justifier facilement les environnements et les différents mini jeux. Tout se passerait donc dans une base technologique, sur une autre planète.



9 – Concept mini pipe

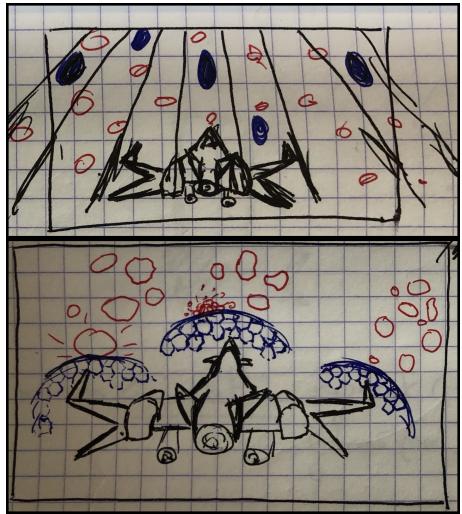
la tâche de CPT nous plaisant, nous avons décidé de la pousser plus loin pour en faire notre premier prototype. Mais nous en parlerons plus en détail dans la partie 4.4.3.

Mini pipe Le mini jeu du tube était relativement simple. L'idée est que le joueur incarne un mécanicien qui est confronté à une panne dans la machine de tri des matériaux d'un entrepôt. Il doit alors enlever les matériaux dangereux à la main le temps que les technicien réparent la panne. Le joueur doit donc reconnaître très rapidement les matériaux qui défilent pour retirer le bon. Cette mécanique assez proche de



10 – Mini jeu drones

téraux construire les bâtiments d'une base scientifique. Chaque bâtiment nécessite certains matériaux et rapporte un nombre de points de score défini. Il pourra éventuellement améliorer les bâtiments. Ceux-ci joueront également un rôle dans l'apparition des matériaux. Il devra donc porter son attention sur plusieurs choses à la fois : les drones qui passent et la construction des bâtiments.



11 – Mini jeu Spaceship

Le joueur contrôle un vaisseau spatial qui parcourt l'univers. Sur sa route, il croise des météores à éviter qui causent des dommages au vaisseau, et des naufragés dans des capsules de secours à secourir. Il peut se déplacer à droite ou à gauche pour éviter les météores et dispose d'une recharge de bouclier qu'il peut placer soit sur l'avant du vaisseau, soit à droite, soit à gauche. Ce bouclier est à utiliser avec parcimonie car il empêche la récupération des naufragés. On peut imaginer une compétence spéciale qui se recharge au cours du temps, ou au fur et à mesure que le joueur récupère des naufragés. Elle pourrait permettre de détruire tous les météores affichés en envoyant des missiles télé-guidés.

4.2.2 Contexte

Les mondes Une des premières discussions concernant le jeu a mis en avant l'importance de faire évoluer le jeu de manière à entraîner petit à petit le joueur à chaque aspect de l'attention. En effet, le joueur doit d'abord pouvoir se concentrer dans la durée sur un point centrale fixe. Quand il y arrive, on peut essayer de faire bouger son attention dans l'espace ... Nous en avons conclu qu'il fallait un "monde" par aspect de l'attention à entraîner. Quatre aspects ont été retenus comme mondes :

- l'attention soutenue
- l'attention sélective
- l'attention divisive
- l'attention exécutive

Chaque monde possède des niveaux. Ce sont des profondeurs de monde qui permettent d'augmenter la difficulté de manière progressive et montre au joueur sa progression. Pour débloquer un monde, le joueur doit réussir un certain niveau du monde précédent. Par exemple, si on choisit 7 niveaux par mondes, le joueur doit réussir le niveau 4 du monde 1 pour débloquer le monde 2.

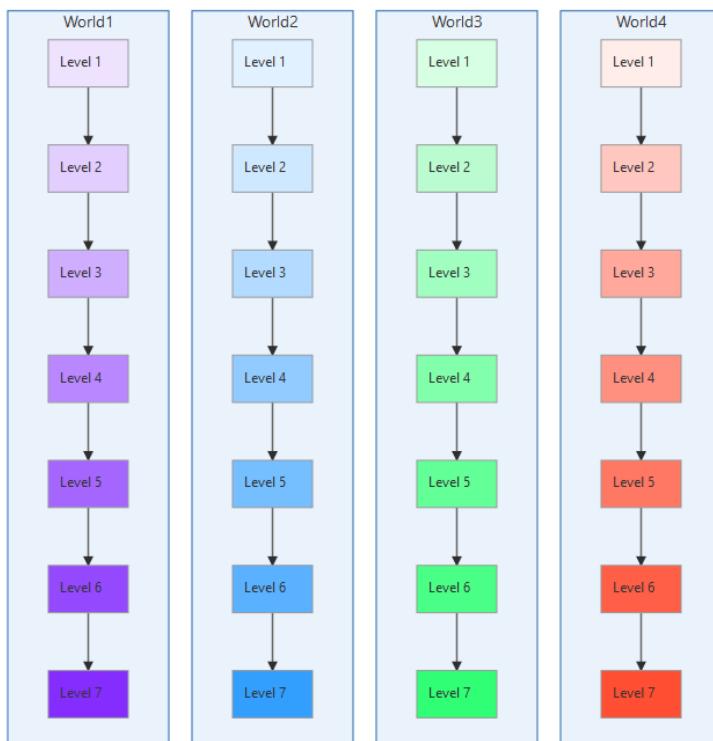


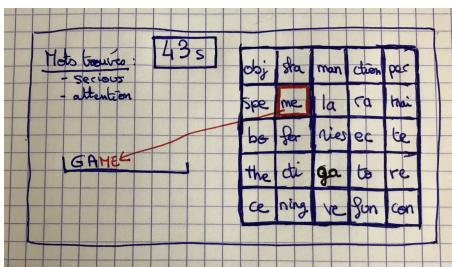
FIGURE 12 – Profondeur des mondes

4.2.3 Le multijoueur

Nous avons d'abord réfléchi au mode multijoueur, bien que celui-ci ne soit développé que dans un second temps après le mode solo. En effet, le mode multi étant assez important, il nous paraissait logique de penser d'abord à celui-ci pour qu'il y ait de la *cohérence entre le mode solo et le mode multi*. L'idée de ce mode était de faire collaborer des petits groupes de 4 ou 5 joueurs dans la réalisation d'un but, mais chacun avec ses propres capacités. En discutant du contexte, nous en sommes venu à la conclusion qu'il serait intéressant que chaque joueur incarne un personnage différent qui aurait une tâche bien précise à faire, c'est à dire un mini jeu. La difficulté de celui-ci serait adapté au joueur. De plus, les meilleurs du groupe sur leur tâche pourraient aider les moins bons grâce à des objectifs secondaires dans leur mini jeu. Lorsque tous réussissent leur tâche, ils gagnent la partie. On peut aussi penser à mettre en compétition ces groupes entre eux pour créer de l'émulation.

Il ne faut également pas oublier d'intégrer le professeur dans la boucle de gameplay. Cette partie est à ne pas négliger car le professeur est la personne qui va encadrer les entraînements des élèves sur le jeu. Il pourrait par exemple créer l'objectif d'une équipe et assigner une tâche à chaque élève, un peu comme un chef d'équipe qui distribue le travail à son équipe. Il pourrait aussi être celui qui activerait les objectifs bonus dans les tâches des élèves qu'il trouverait performant sur leur tâche pour aider ceux qui auraient plus de difficultés. Attention toutefois à ne pas confondre la performance d'un élève sur une tâche et sa performance globale. Un élève peut être performant globalement, avoir des tâches difficiles, et un jour où il n'est pas très en forme, ne pas être performant sur la tâche. A l'inverse un élève qui n'est pas très performant globalement, en ayant des tâches plutôt faciles, peut s'il est très en forme réussir haut la main sa tâche. Cet élève-là pourrait alors aider l'élève précédent avec un objectif bonus.

Les scénarios En discutant du multijoueur, l'idée des différents personnages nous a parut très intéressant pour le mode solo : avec des scénarios de personnages différents dans des contextes différents, on crée de la *généralité*. L'idée était de faire des mini jeux qui paraissent suffisamment différents par leur contexte mais dans lesquels on demande au joueur de faire appel à leur attention de manière semblable. Ainsi, chaque scénario de personnage pourrait se faire en parallèle des autres, le monde 1 de chaque scénario correspondant à la même mise en œuvre de l'attention, et cela pour tous les mondes.



13 – Mini jeu Hacker

Nous avons aussi eu l'idée de rattacher les matières étudiées en cours aux mini jeux afin de faire un lien avec l'école dans le jeu. Pour cela, nous avons décidé de relier chaque personnage à une matière. Le technicien pourrait avoir un lien avec la physique par exemple, le médecin avec la SVT, l'ingénieur avec les mathématiques ou encore le hacker avec des langues. Un exemple avec le hacker : le joueur doit

tester des possibilités de mots de code pour déverrouiller l'accès à un réseau informatique. Il dispose d'une grille de syllabes et doit reconstituer des mots en anglais. Pour rajouter de la difficulté, les syllabes dans la grille ne restent que 10 secondes, puis sont remplacées de manière désynchronisée par d'autres.

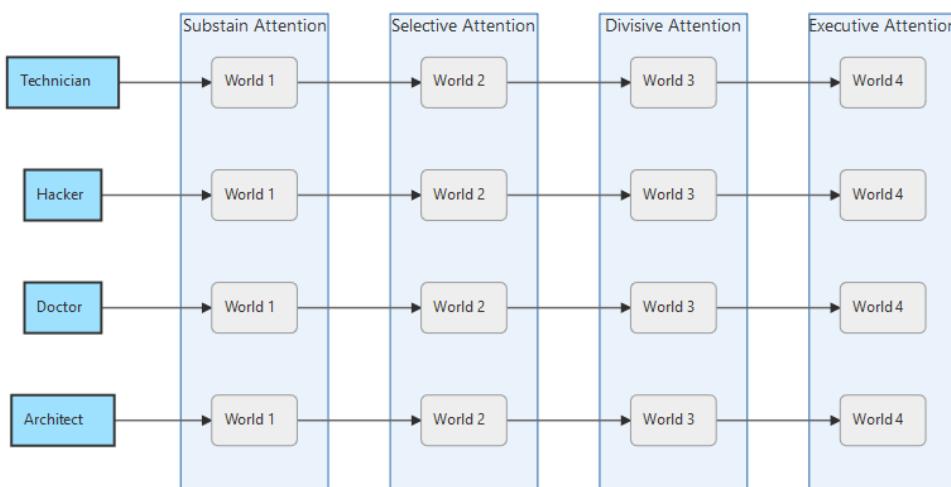


FIGURE 14 – Scénarios

4.3 Mise en place de l'environnement

La première étape avant la création du premier prototype a été la mise en place de l'environnement de développement. Au début du projet, il était question d'un possible partenariat avec l'entreprise de jeu sérieux lyonnaise Kiupe qui reprendrait le travail fait dans le cadre du stage pour réaliser le jeu. Il était donc important de bien réfléchir aux technologies à utiliser. Nous avons pu contacter l'entreprise : elle utilise le moteur de jeu Unity dans le développement de ses jeux, ce qui a fortement poussé dans le choix de ce moteur.

4.3.1 Gestion de projet

Pour ce qui est du code source, la volonté de l'ISC était de garder le code source en interne quoi qu'il arrive, même si Kiupe venait à travailler sur le projet. Pour cela, le mieux était de monter un Gitlab en interne. En effet, en plus de pouvoir gérer le versionnage de code source, Gitlab propose un outil de gestion de projet bien fait avec les ticket et un wiki permettant de documenter le projet. Il rend également possible l'intégration et le déploiement continu.

Les tickets Lorsqu'un besoin apparaît ou qu'un bug est trouvé, on crée un ticket sur Gitlab qui va détailler la demande. On peut ensuite créer la branche associée avec Gitlab et suivre le ticket tout au long de sa résolution. Un espace de commentaires participe à la discussion autour du ticket. Il est possible d'assigner des labels aux tickets pour pouvoir les classer dans des catégories (bug, feature, game design ...)

Le wiki Gitlab propose à ses utilisateurs un wiki intégré au projet. Cela permet de documenter le projet au fur et à mesure avec le cahier des charges, les solutions proposées, le fonctionnement du jeu.

4.3.2 Le devops

Gitlab possède également un autre avantage. Il propose des solutions en terme de Devops, par le biais des services d'intégration et de déploiement continu.

Le Devops est un mélange de philosophie culturelle, de pratiques et d'outils visant à améliorer la capacité qu'a une entreprise à produire et livrer des applications dans des délais courts. Le client a accès à une version de l'application qui évolue rapidement suite à ses retours. Le Devops permet alors aux entreprises de gagner en compétitivité.

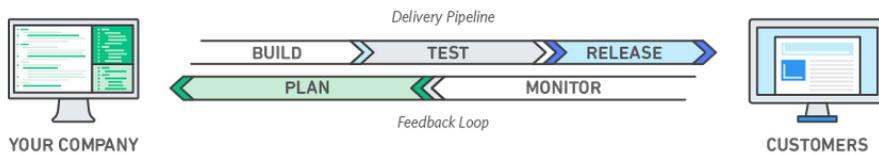


FIGURE 15 – Le Devops

Dans notre cas, nos clients sont les chercheurs qui travaillent avec nous. Un protocole scientifique comme un entraînement de l’attention demande des éléments bien précis pour pouvoir fonctionner. Il était donc nécessaire pour nous d’avoir des retours réguliers des chercheurs afin d’être sûr que notre jeu correspondait à leurs besoins. Cela nous a aussi évité de nous soucier de la mise en production de notre jeu car, après un paramétrage initial, le build est automatiquement créé à chaque mise à jour de la branche Master du projet et déployé sur la page Gitlab Page.

L’intégration/déploiement continu L’intégration continue est la partie du Devops qui vérifie à chaque modification du git la compilation du code et exécute les tests unitaires créés par l’utilisateur. Le déploiement continu, comme son nom l’indique, est la partie du Devops qui permet de déployer l’application de manière automatique. Gitlab permet d’utiliser le Devops et met à disposition de ses utilisateurs une page (Gitlab Page) sur laquelle il est possible de déployer l’application sous sa forme WebGL.

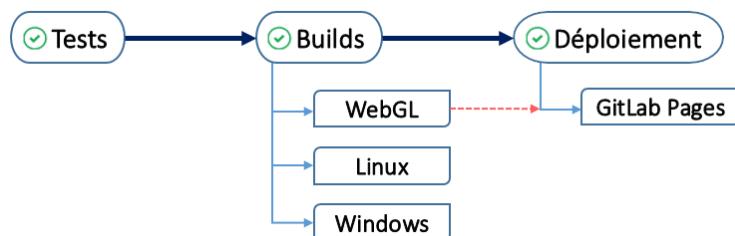


FIGURE 16 – Le devops sur Gitlab

Afin de mettre en place l’environnement de Devops, *Sylvain Maurin*, l’administrateur réseau de l’ISC nous a mis à disposition en plus de notre poste de travail 3 serveurs. Sur le premier, nous avons installé notre Gitlab. C’est notre Master. Nous avons décidé d’utiliser les deux autres serveurs comme des runners qui, selon la demande du serveur Master vont réaliser les tests et faire les builds. Comme nous avons décidé de réaliser plusieurs builds (WebGL, Linux et Windows), les runners peuvent créer les builds en parallèle.

Chaine de production Le schéma suivant montre la chaîne de production, de la modification du code jusqu'à l'utilisation de notre jeu par le client :

- Le développeur pousse ses modifications sur Gitlab
- Gitlab lance la procédure d'intégration continue
- Les deux runners exécutent les tests unitaires
- Si les tests passent, ils créent les builds et les retournent au Gitlab
- Des que Gitlab possède tous les builds, il déploie le jeu sur Gitlab Pages
- Le client peut jouer à notre jeu sur navigateur à l'adresse du Gitlab Pages

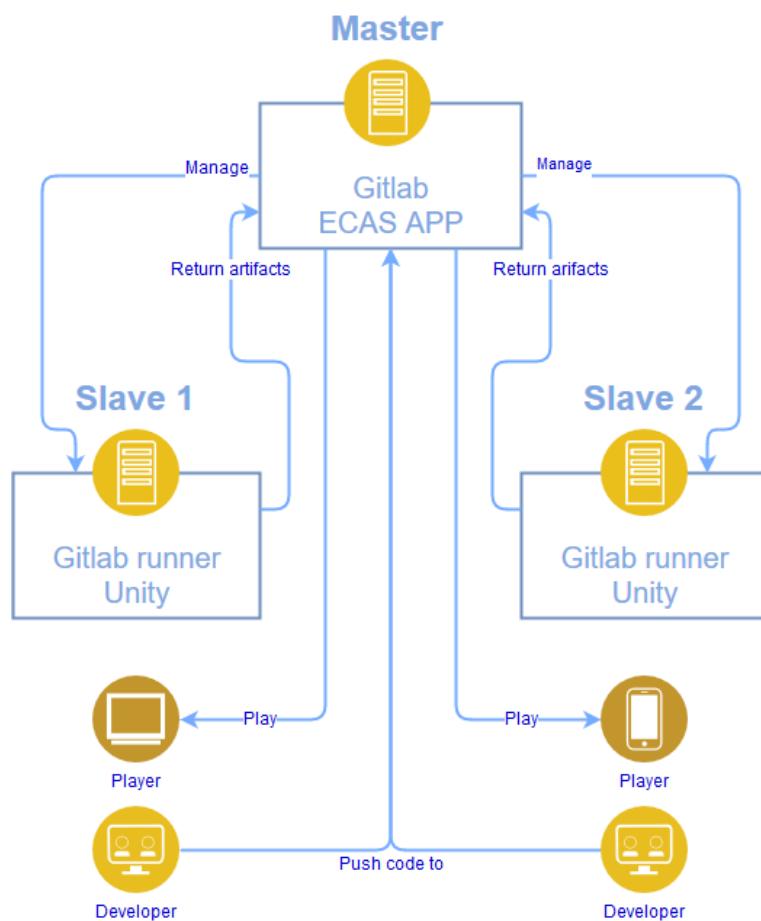
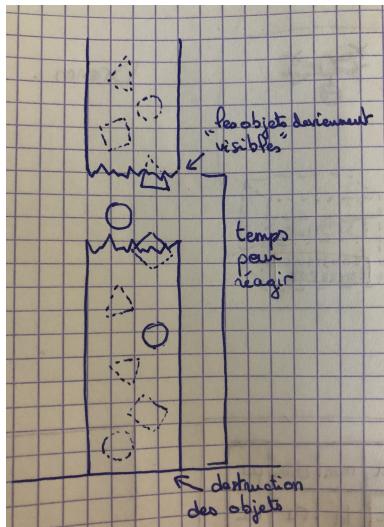


FIGURE 17 – Schéma du réseau

4.4 Prototypage du premier jeu

4.4.1 Le concept



Nous avons choisi le mini jeu du tuyau comme premier jeu car l'idée était plutôt simple. Il y a un tuyau au milieu de l'écran qui est brisé en son centre. Le joueur voit des objets tomber par le trou causé par la brisure. Il doit identifier un objet cible parmi tous les autres pour l'enlever du tuyau. Pour éviter de jouer sur ses réflexes, il faut qu'il puisse interagir avec les objets un peu de temps après qu'ils ne soient plus visibles. Pour cela, le joueur doit pouvoir interagir avec les objets qu'à partir du moment où il peut les voir, et jusqu'à ce qu'ils soient détruits en atteignant le bas de l'écran.

18 – Temps de réaction

A chaque fois que le joueur enlève un objet cible, ses points de score augmentent, s'il en loupe ou s'il essaie d'enlever le mauvais objet, ses points de score baissent. Nous n'étions pas encore sûrs des conditions de victoire :

- Est-ce que le joueur doit atteindre un certain score avant la fin du temps ?
- Est-ce que le joueur doit faire le meilleur score en un laps de temps imparti ?
- Est-ce que le joueur a droit à un nombre d'erreurs maximum ?

Il était également important de définir quels étaient les paramètres à régler. Nous avons pu dégager une première liste de paramètres au préalable, certains quantifiables, d'autres non.

Parmi les quantifiables :

- Vitesse d'apparition/disparition des éléments
- Nombre de cibles total ou pourcentage de chance d'apparition de la cible durant la partie
- Nombre de distracteurs total ou pourcentage de chance d'apparition du distracteur durant la partie
- Emplacement des éléments par rapport au centre
- Nombre de cible à trouver pour finir la partie
- Temps alloué à la partie
- Nombre de distracteurs différents

Parmi les inquantifiables :

- Le design de la cible
- Le design des distracteurs
- La ressemblance entre la cible et les distracteurs

Pour les touches nous avons choisi pour commencer de garder les mêmes touches que pour la tâche de CPT. Pour enlever les objets, il faudrait alors utiliser la barre espace. S'il y a plusieurs objets à enlever, cela choisira le premier apparu, donc le plus bas.

4.4.2 Crédation de la première scène

Pour notre prototype, nous avons commencé par réaliser une première scène plutôt simple. Quelques cylindres représentent le tuyau. Le design n'étant pas très important dans un premier temps, nous avons fait quelque chose de simple ressemblant un peu à Mario. Un bouton "Start" lance le jeu, remplacé par un bouton "Stop" si l'on veut l'arrêter. Sinon, la partie continue jusqu'à ce qu'un certain nombre de cibles soit apparues.

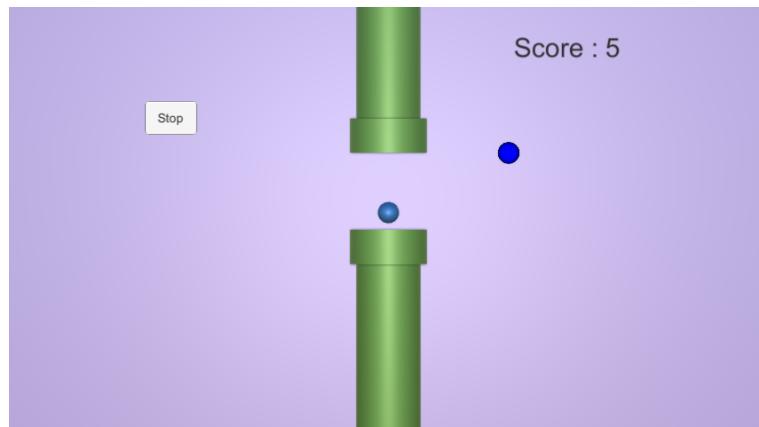
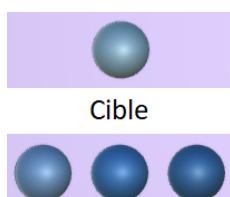


FIGURE 19 – 1^{er} prototype



20 – Objets

Les objets dont le joueur doit faire attention sont des boules bleues, plus ou moins claires. La boule la plus claire est la cible, les autres sont les distracteurs. Le joueur doit être attentif pour enlever la bonne boule. Lorsqu'il en enlève une, celle-ci se déplace jusqu'au point de score pour montrer qu'il a réussi, et le score s'incrémente. S'il réussit à enlever une cible, il gagne 15 points. S'il en rate une ou s'il essaie d'en enlever une alors qu'il n'y en a pas, il perd 5 points.

Lors d'une partie, nous mesurons la performance d'une personne. Nous en parlerons plus en détail dans la partie 4.5. Selon la performance du joueur, nous pouvons augmenter ou diminuer la difficulté de plusieurs manières.

D'abord, nous avons cherché à refermer le tube pour que les objets soient visibles pendant moins longtemps. La partie basse du tube peut monter jusqu'à un certain point, les objets devant rester visibles. Le joueur doit donc être plus attentif.

Puis, comme le jeu était toujours assez facile, nous avons fait bouger les tubes. Cela n'est pas très clair sur la figure 21 mais lorsque le joueur est performant, le tube se met à trembler tout en pivotant de quelques crans sur la droite ou la gauche. Nous avons mis un angle limite pour éviter une rotation complète du tube.

Enfin, le jeu étant encore trop facile, nous avons rajouté la possibilité d'ajouter des tuyaux. Il est possible d'en rajouter jusqu'à 5 (ce qu'il est possible d'afficher à l'écran). Le nombre de tuyaux reste fixe durant une partie, le joueur ne pouvant en rajouter ou en enlever qu'entre deux parties.

Durant une partie, tous ces paramètres de difficultés peuvent être actifs en même temps. Néanmoins, ceux-ci s'activent selon la performance du joueur : si celui-ci n'est pas très performant, la difficulté ne bougera pas trop, voire baissera pour s'adapter à son niveau.

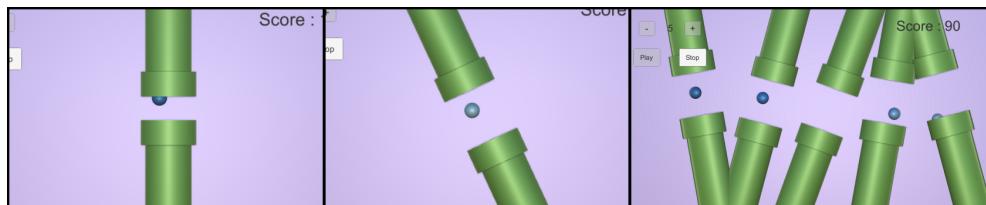
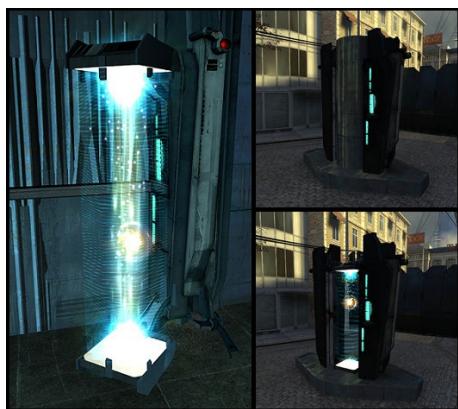


FIGURE 21 – Evolution de la difficulté

4.4.3 Amélioration du design et du gameplay

Après que le prototype soit fonctionnel et validé par les chercheurs, nous avons voulu le rendre un peu plus esthétique. Nous en avons aussi profité pour améliorer le gameplay et rajouter du contenu.



22 – Décor

Contexte Notre thème est la SF. Nous avons donc cherché des inspirations dans des jeux avec cette thématique. L'un d'eux nous est venu assez rapidement à l'esprit. Il y a dans Half Life 2 des générateurs d'énergie qui ressemblent à des tubes dans laquelle une sphère d'énergie flotte. Ces générateurs sont d'abord fermés par une sorte de bouclier qu'il faut ouvrir pour pouvoir récupérer la sphère d'énergie. Nous avons voulu nous baser sur ce principe pour notre gameplay.

Nos tubes de Mario sont donc devenus des tubes électromagnétiques, protégés par des boucliers qui peuvent s'ouvrir en se séparant en deux au milieu. Des sphères d'énergie descendant le long du tube remplacent les boules bleues et sont maintenant les nouveaux distracteurs et cible.

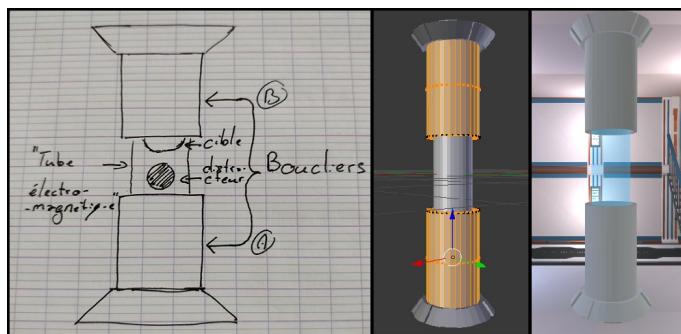


FIGURE 23 – Création des tubes

En parallèle, nous avons construit une scène Unity avec un package de SF pour ambiancer le mini jeu. Cette scène représente l'intérieur d'une base scientifique avec des couleurs plutôt blanches, bleues et oranges.



24 – Décor

Gameplay Pour pouvoir intégrer le tube dans la scène, nous avons pensé à le multiplier et le placer sur un barillier qui pourrait tourner. Chaque tube aurait un niveau d'énergie. Le but du joueur est d'enlever des sphères d'énergie instable (les cibles) pour ne pas que le niveau d'énergie stable d'un des tubes arrive à 0. Si c'est le cas, c'est le game over. Le joueur peut utiliser les touches droite et gauche du clavier pour faire tourner le barillier et faire face à un autre tube. Il ne peut enlever une sphère instable d'un tube que lorsque celui-ci lui fait face. Si le joueur est performant, la difficulté peut augmenter de plusieurs manières :

- Un nouveau tube s'ouvre
- Un des tubes ouverts referme légèrement son bouclier
- La couleur des distracteurs se rapproche de celle de la cible

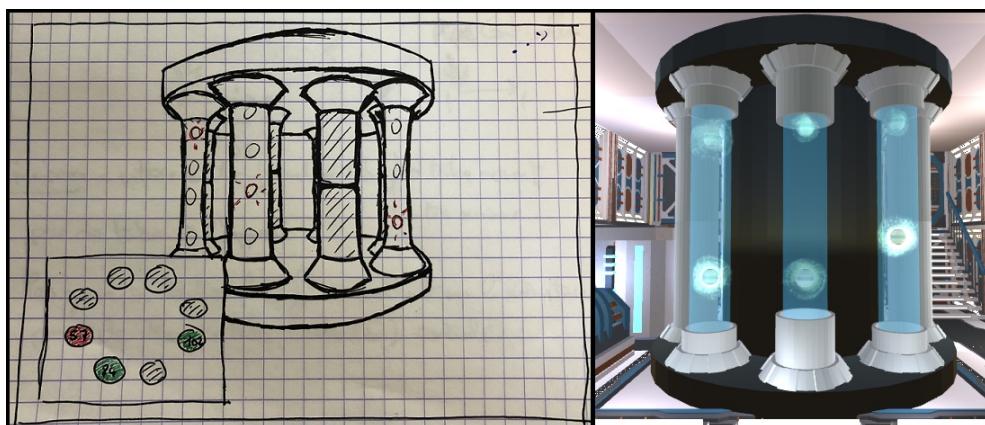


FIGURE 25 – Barillier de tubes



Les instructions destinées au joueur sont expliquées au début de la première partie d'une session de jeu par la narration. Celle-ci explique le contexte dans lequel se trouve le mini-jeu, que doit faire le joueur et quelles sont les contrôles à utiliser.

26 – Narration

Ouverture des tubes Sur le barillier, seulement 3 tubes accolés maximum sont ouverts à la fois pour des raisons de visibilité des tubes par le joueur. Comme les tubes s'ouvrent un par un au fur et à mesure de la partie, il fallait un algorithme qui puisse sélectionner le bon tube à ouvrir. L'image 27 montre les possibilités de tube à ouvrir que l'algorithme doit pouvoir trouver. Lorsque ces possibilités sont trouvées, on choisit un tube

aléatoirement parmi cette liste. Cet algorithme doit pouvoir être assez générique pour être fonctionnel peu importe le nombre de tubes à ouvrir et peu importe le nombre de tubes sur le barillier.

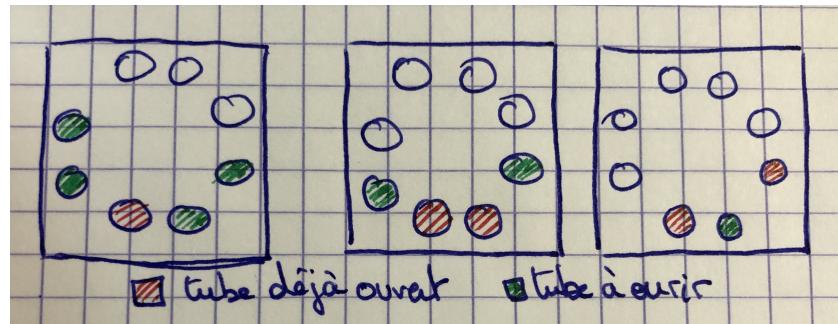


FIGURE 27 – Tubes à ouvrir selon la situation

Les tubes du barillier sont numérotés de 0 à 7. Les tubes déjà ouverts sont inclus dans une liste. On suppose que dans la liste, le premier tube est celui le plus à gauche du groupement de tubes ouverts, le deuxième est le tube ouvert suivant à sa droite, jusqu'au dernier tube qui est le tube ouvert le plus à droite du groupement. C'est à dire que si les tubes 0, 1 et 7 sont ouverts, la liste sera : {7,0,1}. Pour résoudre ce problème, nous avons distingué deux situations :

Situation 1 : Tous les tubes ouverts sont accolés

Situation 2 : Il y a un ou plusieurs tubes fermés à l'intérieur du groupement de tubes

Dans les deux situations, il faut trouver quels sont les tubes extérieurs au groupement que l'on peut ouvrir. Pour cela, il faut en premier calculer l'étendue du groupement. Tant que le groupement n'est pas à cheval sur un index 0, tout va bien, on calcule simplement la différence entre l'index du tube le plus à droite et l'index du tube le plus à gauche et on rajoute 1. Sinon, on doit d'abord ajouter le nombre de tubes du barillier à tous les index qui sont inférieurs à l'index du tube le plus à gauche : si la liste de tube ouverts est 7,0,1, elle deviendra 7,8,9. On peut ensuite appliquer la méthode décrite avant. On applique ensuite une boucle pour trouver les extrémités :

Pour i allant de l'étendue du groupement au nombre maximum de tube ouvert :

```

min = index tube le plus à gauche
      - (nombre maximum de tubes ouverts - i)
max = index tube le plus à droite
      + (nombre maximum de tubes ouverts - i)
  
```

Index dans la séquence(min) -> possibilité
Inde dans la séquence(max) -> possibilité
Fin de la boucle Pour

De cette façon, on obtient toutes les extrémités possibles. Maintenant il faut traiter la seconde situation : si des tubes sont fermés au milieu du groupement de tubes ouverts. Pour cela, il suffit de parcourir chaque tube à partir du premier jusqu'au dernier du groupement : si le tube est fermé on le rajoute à la liste des possibilités. On obtient donc toutes les possibilités, il n'y a plus qu'à choisir une possibilité au hasard et ouvrir ce tube.

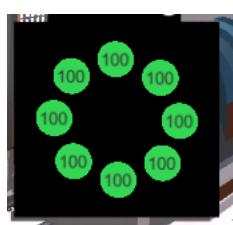
Plus haut, j'ai précisé qu'on supposait que la liste des tubes ouverts était triée d'une certaine manière. Apres avoir ouvert le tube, il faut donc ajouter son index au bon endroit dans la liste des tubes ouverts. Pour cela on doit le comparer avec chaque index de la liste. Cela donne :

Pour x = chaque index de la liste des tubes ouverts :
On a i = index du tube à rajouter
valeur rajoutée = 0
Si $\text{Abs}(x - i) > \text{longueur maximum du groupement}$
 On rajoute + 8 à la plus petite valeur entre x et i
Si $(x > i)$
 On intercale l'index du tube à rajouter à
 l'emplacement de x dans la liste
 Stop de la boucle Pour
Sinon Si x est le dernier élément de la liste
 On place l'index du tube à rajouter à la fin de
 la liste
Fin de la boucle Pour

Gestion du score Concernant le scoring, nous avons décidé de nous inspirer du système de scoring du jeu de rythme Osu. Dans l'image 28, on peut voir 4 éléments principaux de scoring. En haut à gauche se trouve une jauge de vie qui baisse à chaque erreur et remonte à chaque rythme réussi. En bas à gauche se trouve le combo de rythmes réussis d'affilé. Celui-ci est un multiplicateur des points gagnés par rythme réussi. La somme totale des points est affichée en haut à droite, au dessus du pourcentage de réussite sur la partie. Le scoring sur Osu est détaillé sur leur site internet [3].



FIGURE 28 – Le scoring dans Osu



29 – Multi
cible

Nous avons donc repris ces 4 éléments : il y a soit une jauge de vie qui est commune à tous les tubes, soit une jauge de vie pour chaque tube dans le carré noir en bas à gauche de l'écran. Si des cibles passent, la jauge de vie baisse de 15. Si celles-ci sont retirées, la jauge remonte de 5. A chaque distracteur qui passe, la barre de vie monte également de 0.1. Cela permet de faire remonter tout doucement la jauge de vie dans le cas où peu de cibles apparaîtraient. Au dessus de la jauge de vie se trouve le combo de réussite et le score. En bas à droite, la cible est représentée au joueur. La précision de réussite est juste au dessus de la cible.

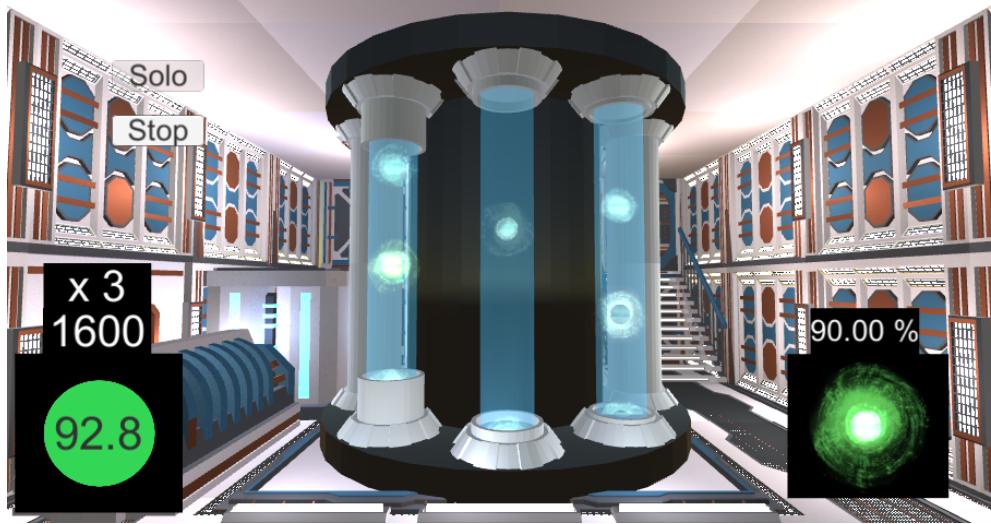


FIGURE 30 – Le scoring dans notre jeu

4.5 Gestion des données

4.5.1 Des données à analyser

Dans la tâche d’expérimentation réalisée par les chercheurs, certaines données sont recueillies pour être analysées. Ces données regroupent :

Les hits : à chaque fois qu’une cible est trouvée. Cette donnée est enregistrée sous la forme d’un pourcentage de hits réussi sur toutes les cibles apparues.

Les FA : lorsque le sujet pense avoir vu une cible alors qu’il n’y en a pas. Cette donnée est enregistrée sous la forme d’un pourcentage de FA sur tous les distracteurs apparus.

Les miss : lorsque le sujet rate une cible. Cette donnée est l’inverse des hits.

Le dprime : la sensibilité du sujet pour identifier la cible des distracteurs. Voici le calcul de la valeur du dprime :

$$NormeInverse(PourcentageHits) - NormeInverse(PourcentageFA)$$

Ces données sont propres à chaque sujet et sont analysées par session. On peut ainsi voir l'impact de l'entraînement sur le sujet et comparer son évolution par rapport aux autres sujets. J'ai pu participer à la tâche d'entraînement en tant que sujet afin de bien comprendre son fonctionnement. À chaque session, mes performances se sont améliorées. Voici mes résultats sur 5 sessions :

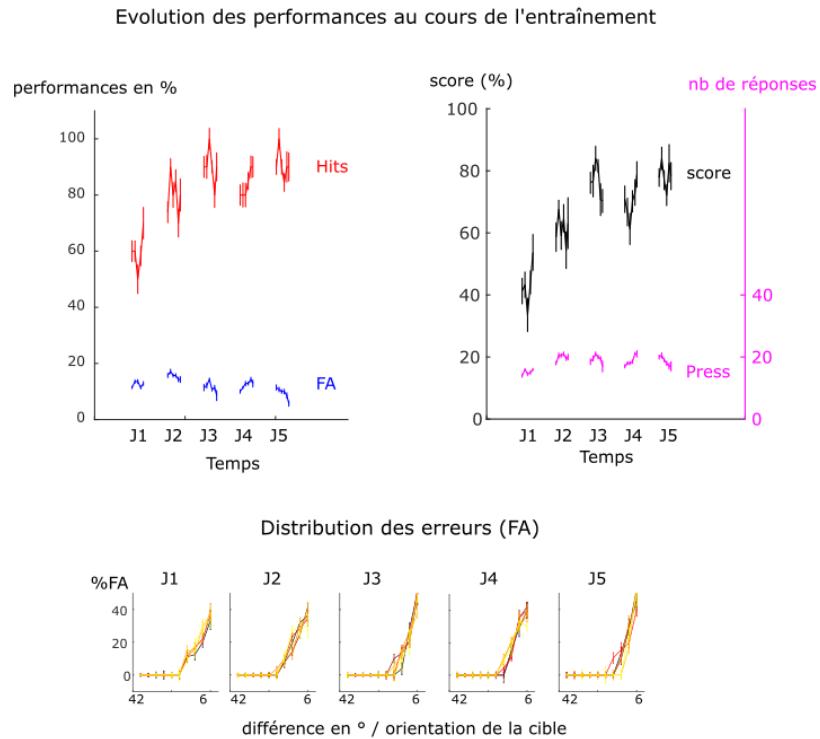


FIGURE 31 – L'évolution de mes performances sur la tâche de CPT sur 5 sessions

Un des objectifs du jeu est d'obtenir ces données à partir des performances des joueurs. De cette façon, les chercheurs auront accès à un nombre assez conséquent de données à analyser. Le premier problème qui s'est posé est celui de la conservation de données personnelles. En effet, conserver ce type de données nécessite de monter un dossier auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), ce qui implique une procédure assez longue (plusieurs mois, voire plus d'un an). C'est pourquoi nous avons fait le choix d'anonymiser les données recueillies. Parmi les données à recueillir, les informations de connexion étaient les seules permettant d'identifier formellement un joueur. Nous avons donc choisi de créer un hash à partir du login et du mot de passe et nous l'utilisons afin de différencier les joueurs.

Un autre problème s'est posé dans la gestion de la progression des joueurs. Pour des raisons de sécurité informatique, Sylvain préférait éviter d'envoyer des données autres que le jeu en lui-même aux joueurs. Il était donc nécessaire de trouver des solutions pour la connexion du joueur et la sauvegarde de sa progression.

Concernant la connexion, nous sommes parti du principe que le joueur devait bien retenir ses identifiants. Si son identification est connue, nous ajoutons ses données à son profil, sinon, nous créons un nouveau profil de joueur.

Pour la sauvegarde de la progression du joueur, nous pouvons extraire du jeu un fichier texte qui permet de savoir où le joueur en est dans le jeu. Lorsque celui-ci crée une nouvelle session de jeu (à sa connexion), il pourra importer ce fichier texte, et le jeu chargera sa progression.

4.5.2 Méthode d'envoi des données

Pour envoyer les données, nous avons choisi d'envoyer des logs à un serveur web Apache. Ces logs sont enregistrées dans un fichier texte sur le serveur. Les données sont envoyées à différents moments lorsqu'un joueur joue :

Lors de la connexion : Un nouveau profil de joueur est créé s'il n'existe pas encore. Une nouvelle session de jeu est créée pour connaître la date et si le joueur joue seul.

Lors de la création d'un partie : Une nouvelle partie est créée avec la date et le jeu choisi.

Lors d'évènements dans le jeu : On doit envoyer chaque hit, miss, distracteur apparu, FA et la valeur du dprime régulièrement avec le timestamp pour chacun afin de connaître la chronologie des événements dans le jeu pour une meilleure analyse

Les données sont envoyées sous une forme semblable à une url : c'est une chaîne de caractère contenant des données séparées par des "/". Voilà la forme de ces url pour envoi de données :

Création d'un joueur : ecas / RegisterUser / hashPlayer / yearBirth / sexe

Création d'une session : ecas / CreateSession / hashPlayer / hashSession / timestamp / isAlone

Fermeture d'une session : ecas / CloseSession / hashSession / timestamp

Création d'une partie : ecas / CreateParty / hashSession / hashParty / timestamp / game

Fermeture d'une partie : ecas / CloseParty / *hashParty* / *timestamp*

Enregistrement d'un hit : ecas / RegisterHit / *hashParty* / *timestamp* / *reactionTime* / *tube*

Enregistrement d'un miss : ecas / RegisterMiss / *hashParty* / *timestamp* / *tube*

Enregistrement d'un distracteur : ecas / RegisterDistractor / *hashParty* / *timestamp* / *tube*

Enregistrement d'une FA : ecas / RegisterFA / *hashParty* / *timestamp* / *tube*

Enregistrement du dprime : ecas / RegisterDPrime / *hashParty* / *timestamp* / *value*

Ces url sont envoyée au serveur web. Il suffit ensuite de les récupérer, puis de les analyser pour extraire les données voulues. La figure 32 montre l'envoi des données depuis le jeu jusqu'à leur extraction.



FIGURE 32 – Diagramme d'envoi des données

4.5.3 Récupération et traitement des données

Nous avons décidé pour traiter les données de créer un parseur en Rust. Cela m'a permis d'apprendre un peu ce langage que je ne connaissais pas. Ce parseur récupère les logs du serveur Apache et permet de créer un fichier JSON utilisable par les chercheurs. Un énumérateur permet de déterminer le comportement du parseur selon le type de donnée reçue. Il analyse le "verbe" contenu dans l'url (le *2^{Text^{me}}* élément), puis traite les données afin d'en faire une structure de données qui contient les utilisateurs, leurs sessions, leurs parties et leurs données.

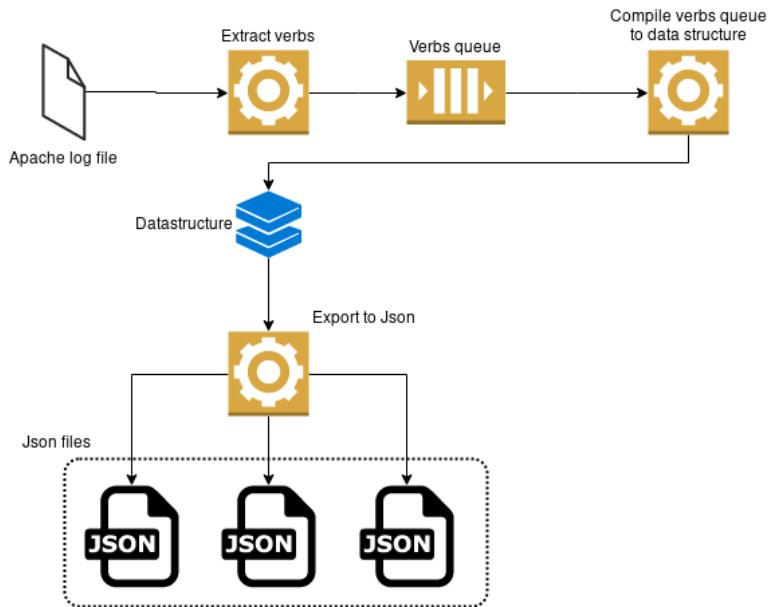


FIGURE 33 – Fonctionnement du parseur de données

Pour créer le fichier JSON, nous avons utilisé une librairie Rust disponible sur un Github [1]. Grâce à cette librairie, le parseur crée plusieurs fichiers. Un premier fichier répertorie tous les joueurs de notre jeu. Ensuite, un fichier est créé pour chaque joueur et contient toutes les données récupérées.

Conclusion

Acronymes

CNIL Comission Nationale de l’Informatique et des Libertés. 33, 38,
Glossaire : Comission Nationale de l’Informatique et des Libertés

CNRS Centre National de la Recherche Scientifique. 5, 38, 39, *Glossaire* : Centre National de la Recherche Scientifique

ECAS Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire. 8, 38, 39, *Glossaire* : Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire

ISC Institut des Sciences Cognitives. 5, 15, 21, 22, 38, 40, *Glossaire* : Institut des Sciences Cognitives

SF science-fiction. 16, 27, 38, *Glossaire* : science-fiction

Glossaire

Centre National de la Recherche Scientifique Le centre de recherche scientifique civil français. 5, 38

Comission Nationale de l’Informatique et des Libertés Autorité administrative indépendante française chargée de veiller à ce que l’informatique soit au service du citoyen et qu’elle ne porte atteinte ni à l’identité humaine, ni aux droits de l’Homme, ni à la vie privée, ni aux libertés individuelles ou publiques. 33, 38

Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire Le projet de jeu sérieux sur lequel est basé mon stage. 8, 38

gabor Stimuli visuel de bas niveau, réalisé en faisant varier la luminance par rapport au fond. 9, 12

Institut des Sciences Cognitives Un centre de recherche dépendant du CNRS spécialisé dans la recherche autour du cerveau. 5, 38

Kiupe Studio de développement de jeux sérieux lyonnais partenaire du projet ECAS. 21

Matlab Langage de programmation destiné aux calculs numériques et utilisé dans la recherche. 9, 39

Psychotoolbox Bibliothèque de fonctions pour Matlab dédiée à destination de la recherche en neuroscience et en vision. 9

science-fiction Genre narratif consistant à raconter des fictions reposant sur des progrès scientifiques et techniques obtenus dans un futur plus ou moins lointain. 16, 38

Bibliographie

- [1] *Github - serde-rs/json.* Librairie pour la création de fichier JSON en Rust. URL : <https://github.com/serde-rs/json>.
- [2] *Institut des sciences cognitives - Marc jeannerod.* Site internet de l'ISC. URL : <http://www.isc.cnrs.fr/>.
- [3] *Osu - Score.* Détail du scoring sur le jeu de rythme Osu. URL : <https://osu.ppy.sh/help/wiki/Score/>.
- [4] Nikken P. et Schols M. « How and why parents guide the media use of young children ». In : 24 (2015). Sous la dir. de J Child Fam STUD, p. 3423-3435.

Annexes

Résumé