



5 Avenue Pierre Mendès France,
69676 BRON Cedex
Tél : 04 78 77 30 72
e.tachet@univ-lyon2.fr



Institut des Sciences Cognitives
Marc Jeannerod
67 bd Pinel,
69675 Bron CEDEX
web@isc.cnrs.fr

MÉMOIRE

Jeu sérieux

OU

Création d'un jeu adaptant un protocole expérimental d'entraînement de l'attention

Gwendoline Gomez

Tuteur pédagogique : M. DIDIER PUZENAT
Maître de stage : Mme. SULIANN BEN HAMED

14 septembre 2018

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier l'équipe pédagogique de Gamagora, ainsi que les intervenants, qui m'ont permis d'apprendre dans les meilleures conditions durant cette année et d'ainsi appliquer ces connaissances dans le milieu professionnel durant ce stage.

Je souhaite remercier tout particulièrement ma maître de stage SULIANN BEN HAMED ainsi que toute l'équipe projet, à savoir SIMON CLAVAGNIER, CAMILLA ZIANE et PASCAL CHABAUD, qui m'ont fait découvrir le monde de la neuroscience et m'ont fait confiance sur ce projet.

Je remercie également SYLVAIN MAURIN responsable du réseau informatique de l'Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod (ISC), pour ses précieux conseils, qu'ils soient portés sur la technique ou sur ma vie professionnelle future. Je le remercie aussi pour m'avoir appris les bases du baby foot.

Je remercie les thésards et stagiaires de l'ISC que j'ai pu rencontrer pour les discussions très intéressantes et les parties haletantes de baby foot.

Je remercie enfin mon ami et binôme de stage MATHIEU NIVOLIEZ pour ces 4 mois passés à travailler ensemble dans la bonne humeur. Nous avons découvert l'univers de la neuroscience mais surtout, nous avons beaucoup appris l'un de l'autre. Ce fut une expérience passionnante.

Table des matières

Introduction	4
1 Présentation du contexte	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 (Continuous Performance Task)	9
2.2.2 Les tâches de test des capacités du sujets	13
3 Problématique	15
4 Réalisation	16
4.1 Demande du client	16
4.2 Solutions proposées	17
4.2.1 Les mini jeux	17
4.2.2 Contexte du jeu	20
4.2.3 Le multijoueur	21
4.3 Mise en place de l’environnement	23
4.3.1 Gestion de projet	23
4.3.2 Le devops	23
4.4 Prototypage du premier jeu	26
4.4.1 Le concept	26
4.4.2 Création de la première scène	27
4.4.3 Amélioration du design et du gameplay	29
4.5 Gestion des données	34
4.5.1 Les données des joueurs	34
4.5.2 Méthode d’envoi des données	36
4.5.3 Récupération et traitement des données	38
Conclusion	40
Acronymes	41
Glossaire	42
Bibliographie	43

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	L'évolution de mes performances sur la tâche de CPT	12
9	Gaborium avec les directions de certains gabors affichées . .	13
10	Concept mini pipe	18
11	Mini jeu drones	18
12	Mini jeu Spaceship	19
13	Profondeur des mondes	20
14	Mini jeu Hacker	22
15	Scénarios	22
16	Le Devops	24
17	Le devops sur Gitlab	24
18	Schéma du réseau	25
19	Temps de réaction	26
20	1 ^{er} prototype	27
21	Objets	27
22	Evolution de la difficulté	28
23	Générateurs d'énergie dans Half Life 2	29
24	Création des tubes	29
25	Décor	29
26	Barillier de tubes	30
27	Narration	30
28	Tubes à ouvrir selon la situation	31
29	Le scoring dans Osu	33
30	Multi	33
31	Le scoring dans notre jeu	34
32	Ecran de connexion du joueur	36
33	Diagramme d'envoi des données	37
34	Fonctionnement du parseur de données	38

Introduction

Dans la société actuelle, les étudiants ont accès à tout et n'importe quoi, à n'importe quel moment. Ils sont entourés d'un nombre très important de stimuli, comme les smartphones et leurs notifications par exemple. Leur cerveau reçoit un trop grand nombre de stimuli et n'est pas capable de donner lui-même plus ou moins d'importance à une tâche. C'est pourquoi les professeurs ont fait un constat : tout est prétexte pour que les élèves se déconcentrent de leurs cours. Ils n'arrivent pas à rester concentrés en profondeur sur une tâche mais sautent d'une tâche à l'autre, ce qui implique une baisse des capacités de temps de concentration. On observe une évolution de ces capacités au fur et à mesure de l'âge : un enfant de 2 ans ne peut pas se concentrer plus de 5 minutes tandis qu'un adulte devrait pouvoir se concentrer pendant 45 minutes environ.

Cette plainte des professeurs a donné lieu à des recherches pour créer un outil en milieu éducatif qui pourrait stimuler l'attention de n'importe quel jeune. Le but est de pouvoir rallonger la durée de concentration des étudiants, mais aussi de leur permettre de contrôler l'importance donnée à différents stimuli, qu'ils puissent faire la part des priorités.

Beaucoup d'entrainements existent mais ceux-ci sont à destination des enfants hyperactifs. Le but de ces entraînements est de les aider à contrôler leur attention en leur demandant de s'empêcher de faire une action. Les problèmes attentionnels ne sont pas spécifiques aux hyperactifs. Notre environnement étant très riche, tout le monde est concerné. Cependant les entraînements pour hyperactifs ne sont pas adaptés pour notre population cible car il est nécessaire d'améliorer aussi les temps de concentration et la priorité donnée aux différents stimuli.

En réponse à ces problématiques, il nous a été demandé de réaliser cet outil d'entrainement sous la forme d'un jeu sérieux. L'avantage de ce format est qu'il est ludique et touche plus facilement les jeunes. On peut les attirer et les faire s'entraîner sans qu'ils s'en rendent compte.

1 Présentation du contexte

1.1 L’Institut des Sciences Cognitives

Mon stage se déroule à l’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 son aspect cognitif. Leurs travaux sont communiqués dans des articles scientifiques détaillant leurs découvertes ou des nouveaux protocoles par exemple. Vous pouvez obtenir plus d’informations sur l’ISC sur leur site internet[2]. Je fais partie du département neurosciences cognitives, dont la directrice est le Dr.*Angela Sirigu*. Ce département comporte plusieurs équipes.

1.2 L’équipe

Je fais partie de l’équipe dirigée par le Dr.*Suliann Ben Hamed*. Cette équipe travaille entre autres sur le projet d’Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire (ECAS). Ce projet vise à trouver des solutions d’entrainement de l’attention chez des étudiants n’ayant pas de troubles de l’attention avérés.

Cette équipe est composée de 6 personnes :

Suliann Ben Hamed : C’est la chef d’équipe. C’est elle qui a lancé ce projet de recherche et qui recherche les financements.

Pascal Chabaud : Il est associé sur le projet et s’occupe du recrutement.

Simon Clavagnier : C’est un post doctorant chargé de poser les outils et les protocoles à utiliser et de développer l’idée.

Camilla Ziane : Elle réalise une thèse dont ce projet est le sujet. Elle doit apprendre et transmettre son expérience. Elle analyse les résultats et développe le projet.

Mathieu Nivoliez et moi-même : Nous sommes des stagiaires recrutés pour la réalisation d’un jeu sérieux découlant du travail de l’équipe de chercheurs.

Durant ce projet, d’autres personnes de l’ISC ont été amenées à nous aider. *Sylvain Maurin*, administrateur réseau de l’ISC, nous a mis à disposition un environnement de développement permettant la réalisation du

jeu sérieux. Les autres chercheurs et étudiants chercheurs de l'ISC nous ont également aidés en tant que sujets sur le protocole expérimental, puis en tant que joueurs pour tester notre jeu.

2 Projet en cours

2.1 L'attention

L'équipe de *Suliann Ben Hamed* étudie le fonctionnement de 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 selective* est à la base de toutes les autres. 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 servir à guider 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.

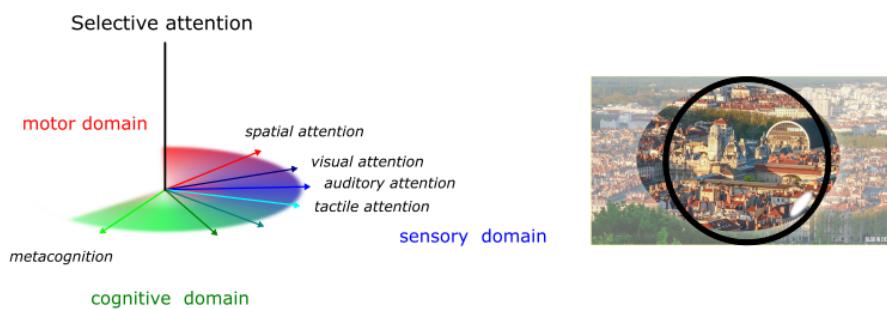


FIGURE 1 – Les différents aspects de l'attention sélective

Nous pouvons observer une différence de capacités attentionnelles entre les personnes jeunes et âgées. En effet, les jeunes peuvent facilement déplacer leur attention d'un élément à un autre et même sur plusieurs éléments à la fois. C'est *l'attention divisée*. Elle permet, lors d'un cocktail par exemple, de pouvoir suivre plusieurs discussions à la fois. En revanche, ils ont beaucoup de difficultés à maintenir leur attention efficacement dans le temps sur une tâche bien précise. Cette capacité s'appelle *l'attention soutenue*. Les personnes plus âgées ont de par leur expérience une meilleure attention soutenue. Mais, du fait de leur âge, leur attention divisée 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).

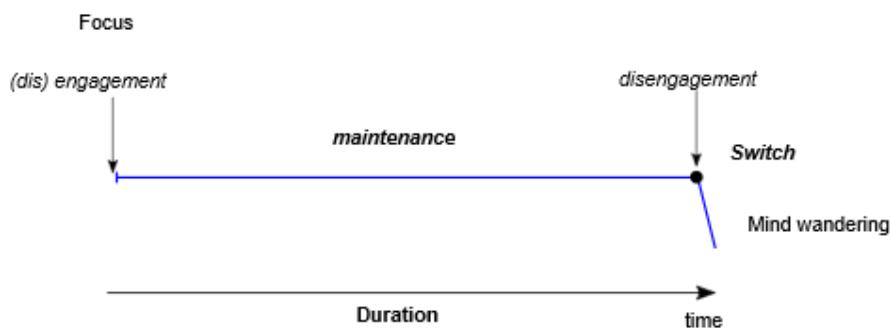


FIGURE 2 – L'évolution de la vigilance au cours du temps

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 vagabonder et est susceptible de rater un événement important. 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.

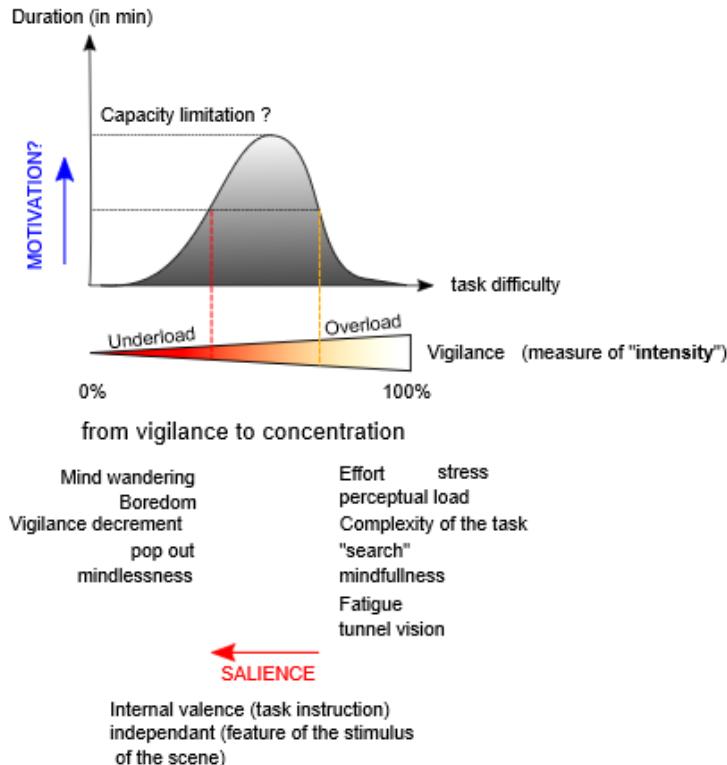


FIGURE 3 – Relation entre la difficulté de la tâche et la vigilance

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 s'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.

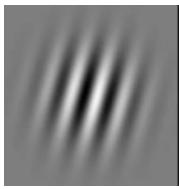
Des études récentes sur des adolescents et des jeunes adultes ont montré un lien entre un usage non modéré des smartphones et surtout des applications de réseaux sociaux comme Twitter, Facebook ... et une baisse des capacités d'attention soutenue [4]. C'est pourquoi le projet ECAS a pour but d'utiliser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

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. Au début de l'entraînement, elle doit réussir environ 75% de la tâche (entre 50 et 100% sans jamais atteindre ces extrêmes) de façon à avoir une marge d'amélioration.

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 *Simon Clavagnier* afin de vérifier certains points de l'entraînement et analyser les résultats. Ces tâches ont été réalisée sous Matlab avec la bibliothèque Psychotoolbox .

2.2.1 La tâche de CPT (Continuous Performance Task)



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 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 espace.

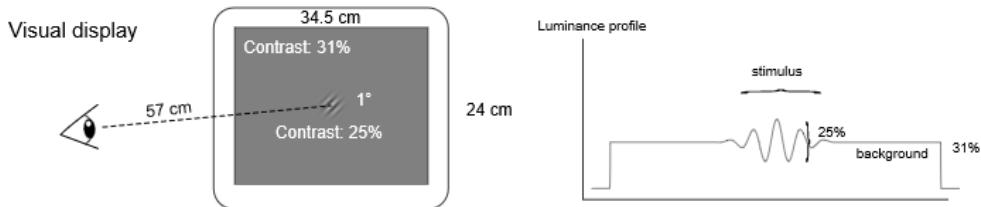


FIGURE 5 – Dispositif de la tâche de CPT et modélisation d'un gabor

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 **détection correcte (hit)**.
- Il n'appuie pas sur un distracteur. C'est une **rejection correcte**.
- Il appuie sur un distracteur. C'est une **fausse alarme (false alarm)**.
- Il n'appuie pas sur une cible. C'est une **omission (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.

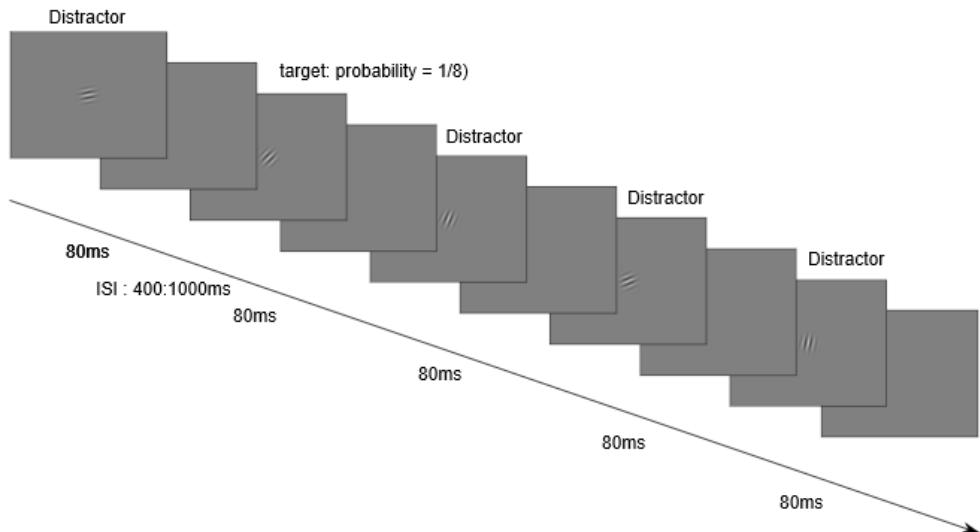


FIGURE 6 – Exemple d'une partie de série de la tâche de CPT

Le test de discrimination Tout le monde n'a pas la même sensibilité visuelle. Il est donc nécessaire de déterminer le seuil de perception visuelle 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 présentés aléatoirement. Un premier stimulus est affiché pendant 80ms, suivi d'un masque pendant 50ms. Ce masque symbolise le gabor suivant dans la tâche de CPT. Il augmente la difficulté car il empêche toute analyse du gabor postérieure à son apparition. 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 présentée 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 décalés 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.

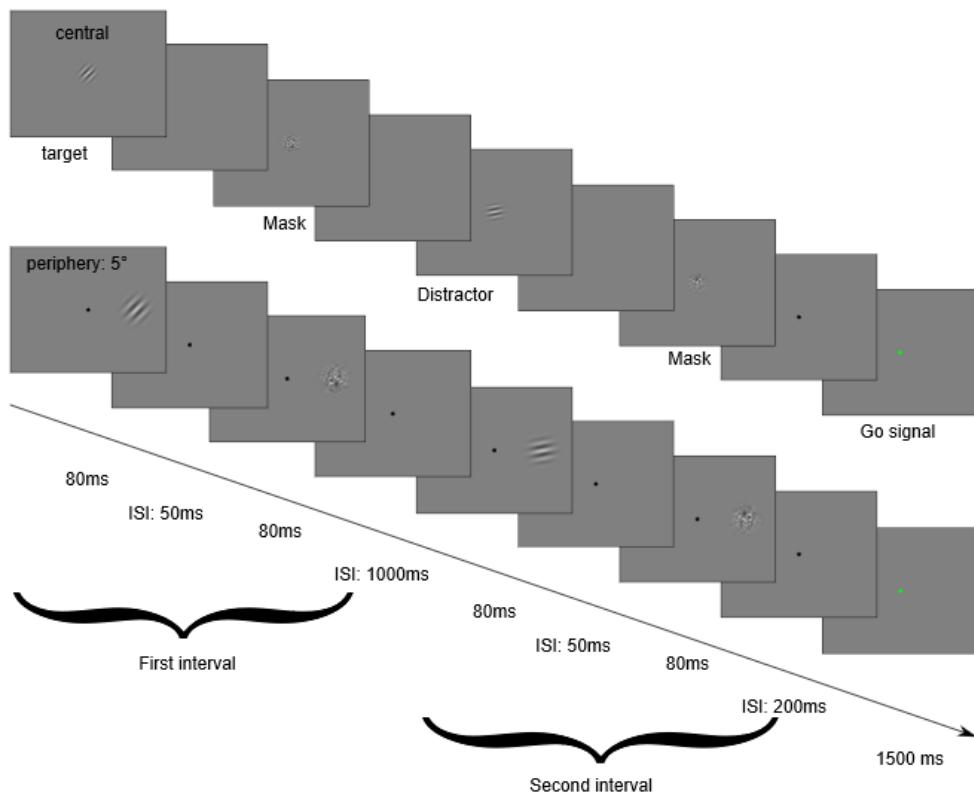


FIGURE 7 – Exemple d'une partie de test de discrimination

Traitements des données Les données collectées 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. 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. La figure 8 représente mes résultats sur 5 sessions.

Evolution des performances au cours de l'entraînement

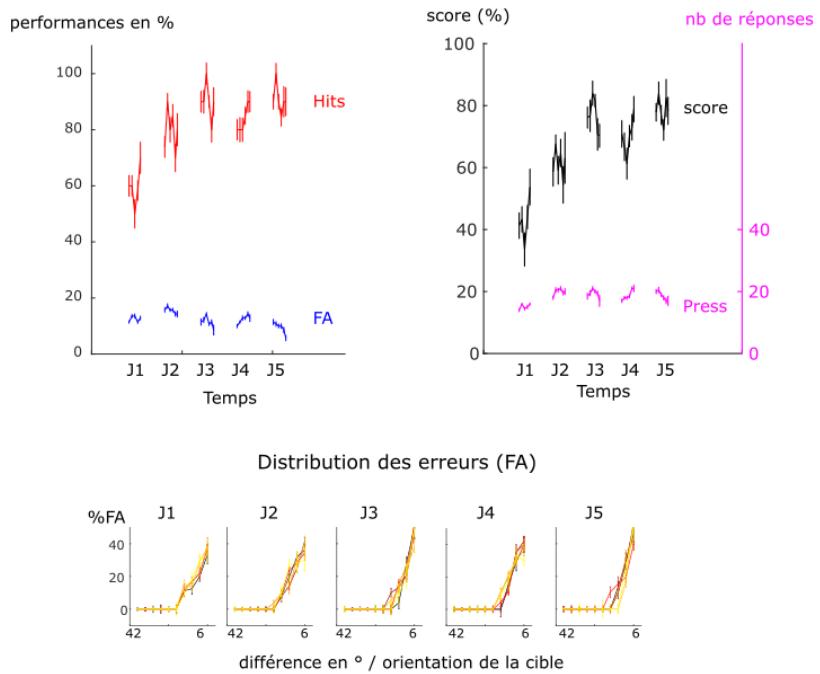


FIGURE 8 – L'évolution de mes performances sur la tâche de CPT

Si l'on regarde le pourcentage de hits en rouge et celui du score en noir, on remarque qu'ils augmentent significativement au fur et à mesure des sessions. Le nombre de FA (bleu) au contraire est en baisse alors que le nombre de fois où la touche espace est pressée (rose) ne bouge pas beaucoup. On constate aussi que la distribution des erreurs, qui correspond aux résultats du test de discrimination, ne bouge pas beaucoup. Cela veut dire que ce n'est pas ma capacité à reconnaître la cible qui a changée mais plutôt mes capacités de concentration et de contrôle sur mon attention.

2.2.2 Les tâches de test des capacités du sujets

Le gaborium Cette tâche utilise également des gabors comme stimulus. Un écran rempli d'une multitude 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.

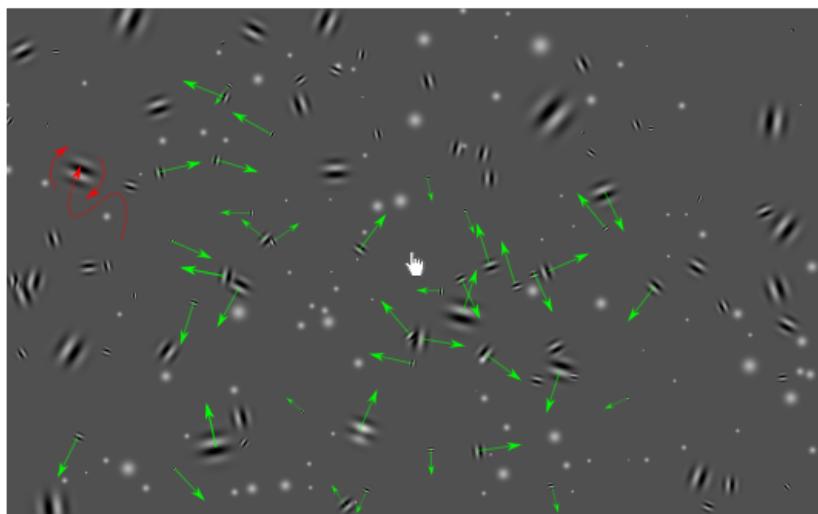


FIGURE 9 – Gaborium avec les directions de certains gabors affichées

Traitement des données Les données à observer pour l'analyse de l'attention sur la tâche sont les temps de réaction et la fréquence à laquelle le sujet appuie sur la barre espace. La tâche ayant été créée récemment, elle n'est pas encore parfaite : peu de gens voire personne n'appuie sur la barre espace. Nous n'avons donc pas de données exploitables. On a donc essayé d'enregistrer le mouvement des yeux ainsi que le diamètre pupillaire. Nous savons qu'il existe un lien entre ce diamètre et l'aspect émotionnel et attentionnel d'une personne : plus le diamètre est grand et plus la personne est attentive. Néanmoins, on sait aussi que le diamètre pupillaire change aussi selon la luminosité. Dans les données, nous avons donc des fluctuations rapides représentant le changement de luminosité entre le fond gris et les gabors noirs, et des fluctuations plus lentes représentant le niveau attentionnel du sujet.

Les multiplications Dans cette tâche, le joueur voit apparaître la multiplication d'un nombre à deux chiffres par un autre chiffre pendant quelques secondes. Ensuite, la multiplication disparaît, remplacée par 4 propositions de réponses plus ou moins proches qui n'apparaissent également que durant quelques secondes. Il doit alors choisir la bonne réponse à l'aide du pavé numérique. Le sujet doit trouver des solutions pour calculer rapidement le résultat et ne pas se faire submerger. Il peut par exemple essayer de trouver le chiffre des unités de la réponse et en déduire la bonne proposition.

Traitement des données On analyse les bonnes réponses du sujet mais également ses temps de réponse. Lorsqu'il a faux, on peut analyser quelle réponse il a choisi : si le chiffre des unités est le bon, c'est qu'il a probablement commencé à faire le calcul mais n'a pas pu le faire complètement. Sinon c'est qu'il est possible qu'il ait répondu au hasard.

Rôle de ces tâches Le gaborium est censé représenter une tâche facile dans la figure 3. C'est une tâche qui n'est pas assez difficile pour le sujet et qui, si notre théorie est bonne, doit le faire vagabonder. La tâche des multiplications représente à l'inverse une tâche si difficile qu'elle doit faire décrocher le sujet. Ces deux tâches pourraient permettre d'évaluer les capacités du sujet pour savoir comment adapter la difficulté des tâches d'entraînement pour que celui-ci soit optimal.

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 leurs impacts 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. En effet, il est difficile de travailler sur les notions de d'adaptativité et de flexibilité et surtout d'obtenir un entraînement multidimensionnel avec des tâches réalisées sur Matlab. Il n'est donc pas possible de motiver un élève à consacrer 1h par jour de son temps sur un entraînement comme celui-la. C'est pourquoi l'objectif de mon stage est de 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. Sur ce projet, nous étions deux stagiaires de *Gamagora*, *Mathieu Nivoliez* et moi-même.

4.1 Demande du client

Dans le cadre de la réalisation du projet, des discussions préliminaires sur les attentes des chercheurs 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, divisée, exécutive ...). Il faudrait dans le jeu un monde pour chaque aspect. Le joueur commencera par un monde simple, exigeant seulement son attention soutenue, puis les mondes suivants 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 à leur rythme d'amélioration de l'attention 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 élèves au collège et lycée. L'idée est de proposer aux professeurs de faire jouer leurs élèves pendant 1h par semaine, durant un "cours" dédié à l'entraînement de l'attention. 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 qui permettraient à la fois de proposer une généralisation du contexte, mais aussi une flexibilité de l'ordre d'apprentissage. 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.

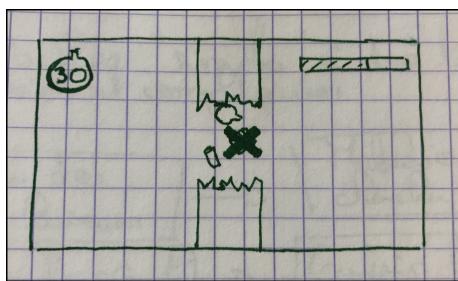
Comme nous avons fait le choix de réaliser plusieurs mini jeux, nous avons préféré partir sur l'idée de garder le principe de la tâche en la modifiant. En effet, les mini jeux doivent différer pour améliorer l'apprentissage.

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

- Boxeur : identifier 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.



10 – Concept mini pipe

de 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 détails dans la partie 4.4.3.

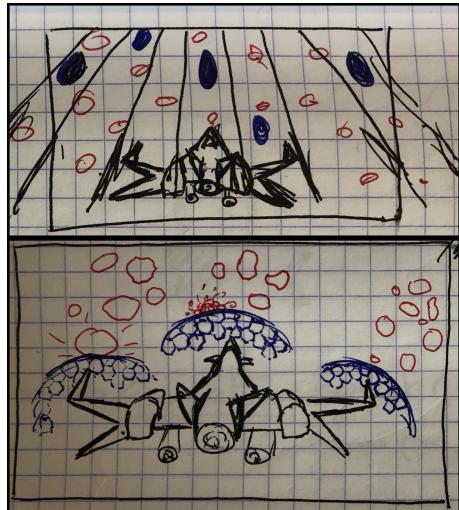


11 – Mini jeu drones

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 techniciens réparent la panne. Le joueur doit donc reconnaître très rapidement les matériaux qui défilent pour retirer le bon. Cette mécanique assez proche

Les drones (anciennement Asterix) Pour coller au thème de la SF, les romains sont devenus des drones. Dans un premier temps, nous avons pensé à envoyer des matériaux au bons drones. Puis, pour complexifier le mini jeu, nous avons rajouté des éléments de gameplay. Tel un architecte, le joueur doit au contraire récupérer les matériaux dont il a besoin aux drones correspondant. Avec les matériaux, le joueur

doit 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.



12 – Mini jeu Spaceship au fur et à mesure que le joueur secoure des naufragés. Elle pourrait permettre de détruire tous les météores affichés en envoyant des missiles téléguidés.

Spaceship (anciennement Runner)

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 secoure des naufragés. Elle pourrait permettre

4.2.2 Contexte du jeu

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 central 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 divisée
- l'attention exécutive

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

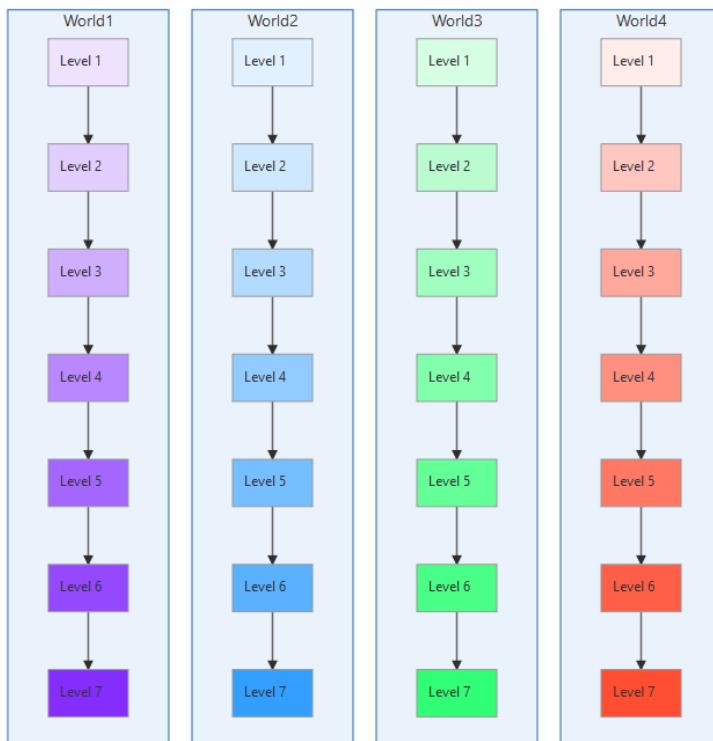


FIGURE 13 – Profondeur des mondes

4.2.3 Le multijoueur

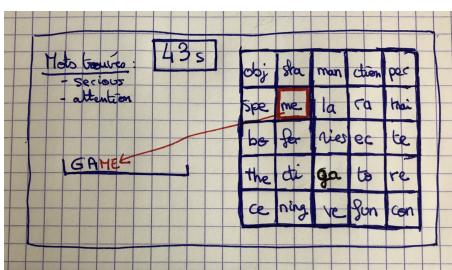
Nous avons d'abord réfléchi au mode multijoueur, bien que celui-ci ne soit développé que dans un second temps après le mode solo. En effet, le mode multi étant assez important, il nous paraissait logique de penser d'abord à celui-ci pour qu'il y ait de la *cohérence entre le mode solo et le mode multi*. 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 venus à la conclusion qu'il serait intéressant que chaque joueur incarne un personnage différent qui aurait une tâche, un mini-jeu bien précis à faire. 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 parut très intéressante pour le mode solo : avec des scénarios de personnages différents dans des contextes différents, on crée de la *généralisation*. L'idée était de faire des mini jeux qui paraîtraient suffisamment différents par leur contexte mais dans lesquels on demanderait au joueur de faire appel à son 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.



14 – 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 et de favoriser l'adhésion des professeurs au projet. 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.

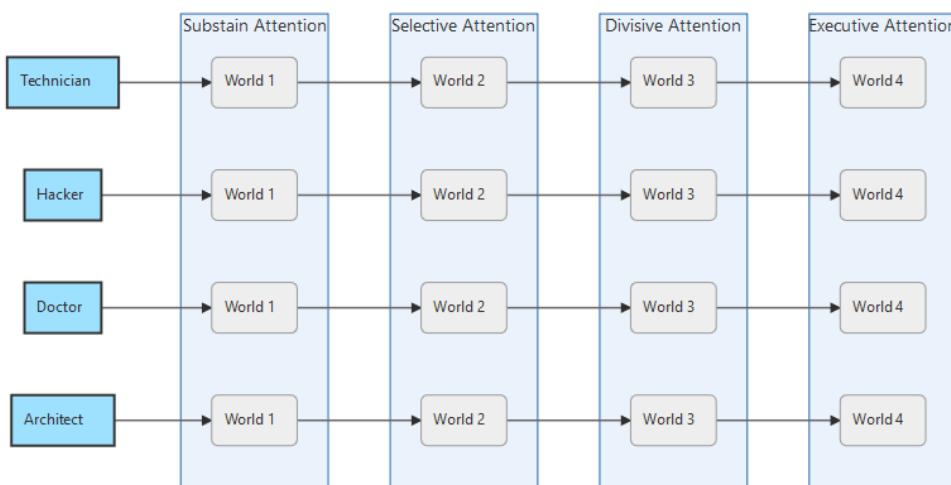


FIGURE 15 – Scénarios

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 tickets 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.

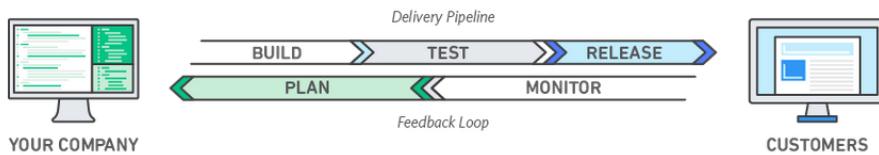


FIGURE 16 – Le Devops

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 sûrs 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.

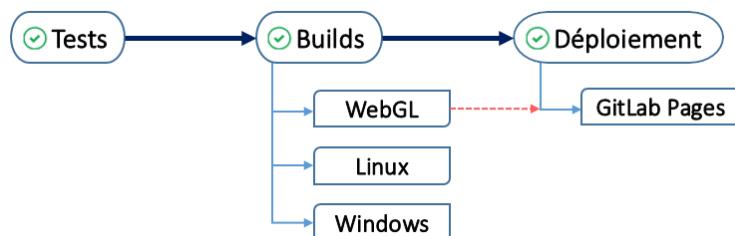


FIGURE 17 – Le devops sur Gitlab

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

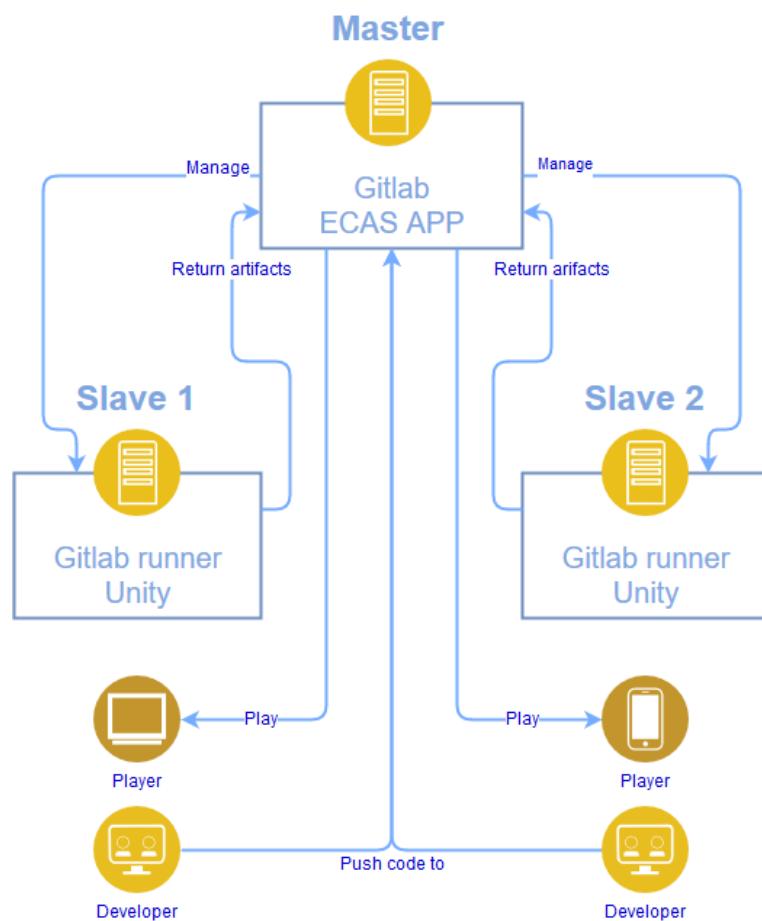
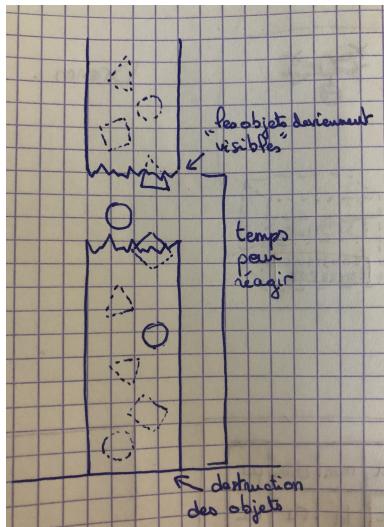


FIGURE 18 – Schéma du réseau

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 ne 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.

19 – 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 cibles 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.

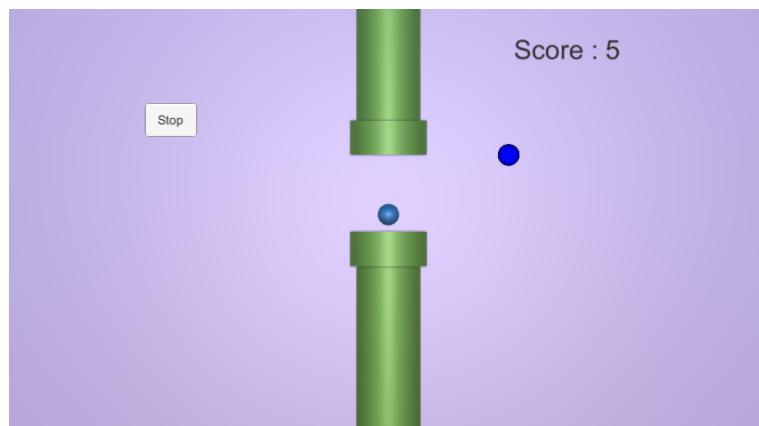
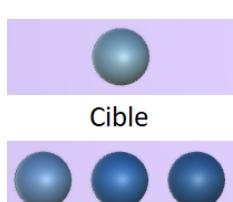


FIGURE 20 – 1^{er} prototype



21 – Objets

Les objets auxquels 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 22 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 difficulté 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.

La figure 22 est composée de trois images représentant plusieurs modifications de la difficulté. On peut imaginer relier ces modifications aux différents mondes. Par exemple, dans la première image, le tuyau est au centre et ne bouge pas et les sphères tombent droit au milieu, on peut associer cet état au monde de l'attention soutenue. La deuxième image montre un cran supérieur de difficulté de ce monde avec un tuyau qui tourne sur lui-même et vibre. La troisième image montre plusieurs tuyaux à la fois. Le sujet doit faire attention à plusieurs éléments en même temps. On peut donc situer cet état au monde de l'attention divisive.

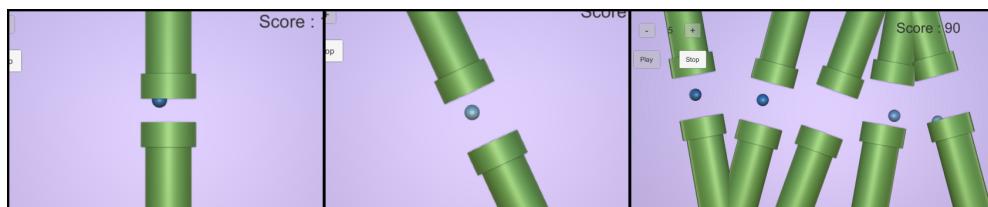
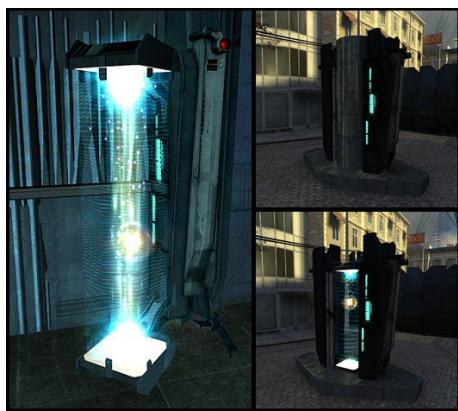


FIGURE 22 – Evolution de la difficulté

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.



23 – Générateurs d'énergie dans Half Life 2

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 lesquels 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.

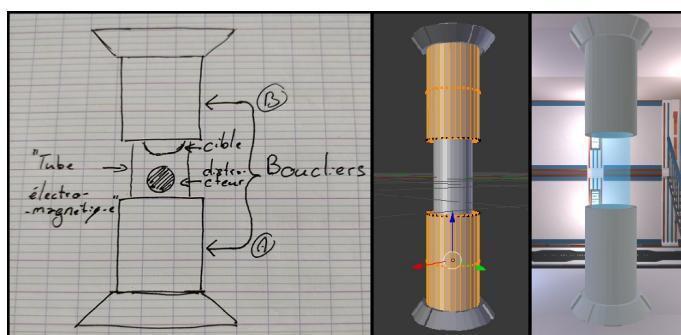
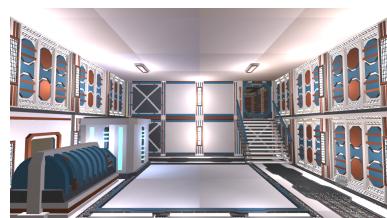


FIGURE 24 – Création des tubes

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.



25 – 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

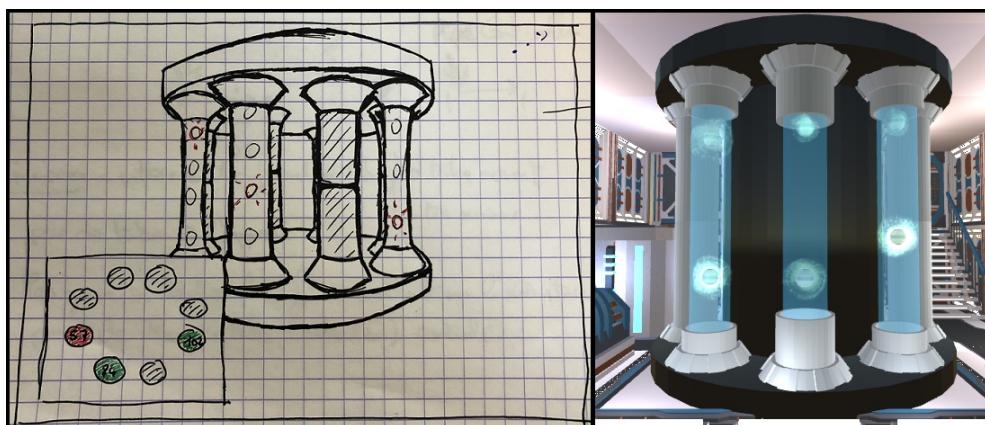
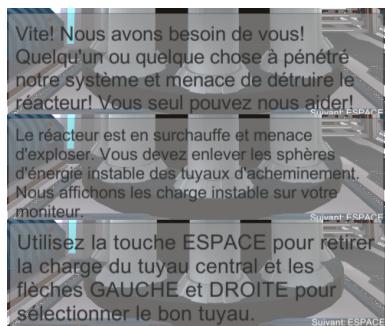


FIGURE 26 – Barillier de tubes



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.

27 – 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 28 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.

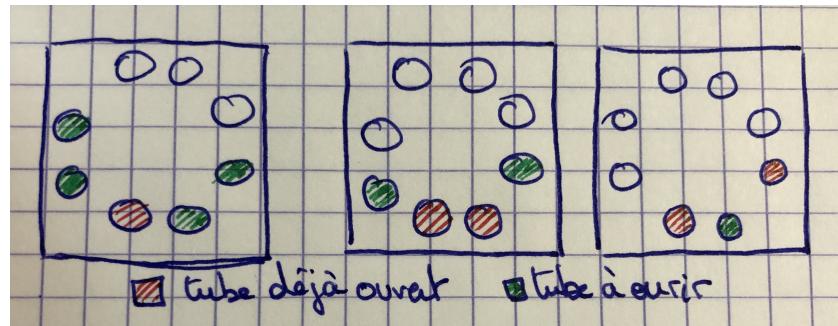


FIGURE 28 – Tubes à ouvrir selon la situation

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 Abs(x - i) > 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 29, 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. C'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].

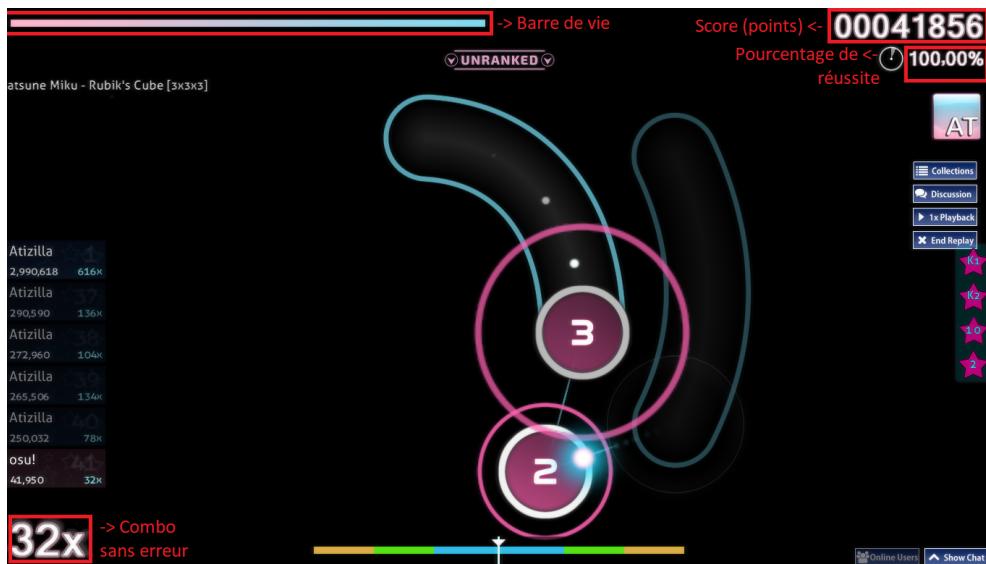
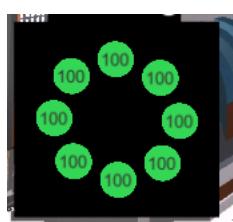


FIGURE 29 – Le scoring dans Osu



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.

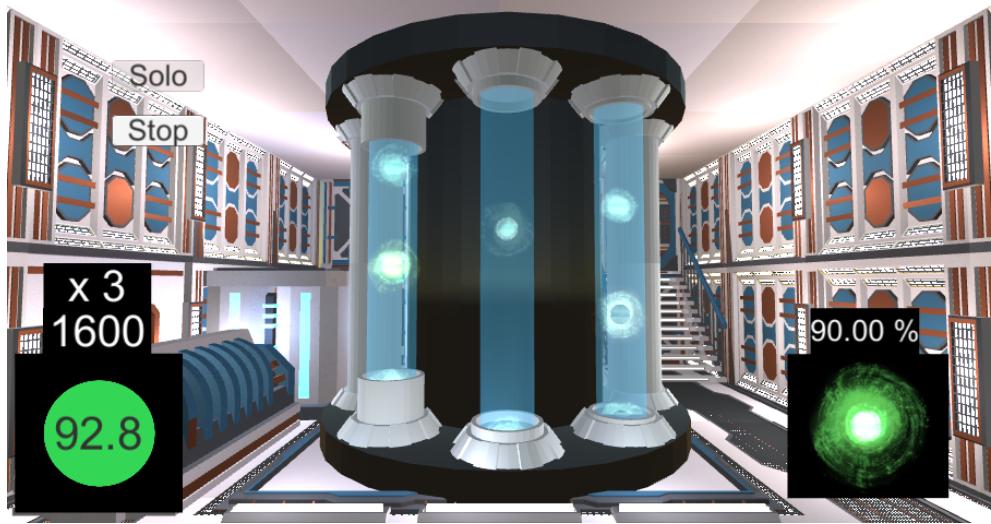


FIGURE 31 – Le scoring dans notre jeu

Nous avons quelques perspectives d'amélioration pour ce mini jeu qu'il pourrait être intéressant de développer. Nous avons par exemple pensé à changer la vitesse des sphères de manière indépendante selon les tubes. Une autre amélioration un peu plus importante du gameplay serait de rajouter des miroirs sur les côtés du barillier pour voir les tubes qui sont cachés derrière et ainsi augmenter le nombre maximum de tubes ouverts.

4.5 Gestion des données

4.5.1 Les données des joueurs

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 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 :

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

Des données pour l'adaptativité Les données sauvegardées servent avant tout dans notre jeu. En effet, celui-ci doit être adaptatif pour pouvoir suivre l'évolution des capacités attentionnelles du joueur. S'il s'améliore, le jeu doit devenir plus difficile et ainsi continuer sa progression. Si au contraire, il a plus de difficultés, le jeu doit devenir un peu plus simple pour ne pas qu'il décroche complètement. Comme expliqué précédemment avec la figure 3, le jeu doit être assez difficile pour être un entraînement mais pas trop pour ne pas que le sujet décroche. Pour réguler cette difficulté, nous utilisons la valeur du dprime. Celle-ci oscille entre 4 et -4. Si elle est positive, le joueur est performant, et inversement. Nous devons alors déterminer à partir de quelle valeur du dprime la difficulté augmente ou diminue. Actuellement la difficulté change à 1 et -1. C'est une valeur qui peut être amenée à changer pour équilibrer au mieux notre jeu.

Des données pour l'analyse L'intérêt de ce jeu est aussi de collecter les données des joueurs pour pouvoir les analyser. Cela pourrait nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement de l'évolution des capacités attentionnelles des joueurs.

Les données personnelles Il était nécessaire lors de la récolte de ces données de pouvoir savoir à quel "profil" de personnes elles appartiennent et de pouvoir suivre l'évolution du joueur. Le premier problème qui s'est posé est celui de la conservation de données personnelles. En effet, conserver des données permettant d'identifier formellement un individu 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).

Néanmoins, la plupart des informations nécessaires ne sont pas discriminantes. En effet, il était surtout important de connaître le sexe de la personne et son âge. Parmi les données à recueillir, les informations de connexion étaient les seules permettant d'identifier formellement un joueur. C'est pourquoi nous avons fait le choix d'anonymiser les données recueillies. 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 Maurin* préférait éviter d'envoyer des données autres que le jeu en lui-même aux joueurs. Il était donc nécessaire de trouver des solutions pour que la connexion du joueur et la sauvegarde de sa progression soient présent sans lui renvoyer d'informations.

Concernant la connexion, nous sommes partis 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.



FIGURE 32 – Ecran de connexion du joueur

Pour la sauvegarde de la progression du joueur, nous pensons extraire du jeu un fichier texte permettant 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 enregistrés 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'une 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 de chaque donnée afin de connaître la chronologie des évènements. Cela permet 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 envoyées au serveur web. Il suffit ensuite de les récupérer, puis de les analyser pour extraire les données voulues. La figure 33 montre l'envoi des données depuis le jeu jusqu'à leur extraction.

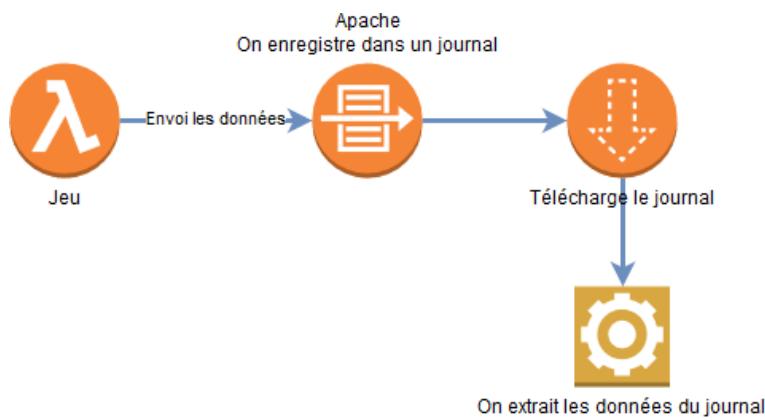


FIGURE 33 – Diagramme d'envoi des données

4.5.3 Récupération et traitement des données

Nous avons décidé pour traiter les données de créer un parseur en *Rust*¹. Cela m'a permis d'apprendre un peu ce langage que je ne connaissais pas. Nous l'avons utilisé pour plusieurs raisons :

- C'est un langage qui interdit au travers de son compilateur beaucoup d'erreurs. Cette particularité nous permet d'assurer que les chercheurs ou futurs développeurs travaillant sur ce projet ne pourront pas écrire un code incorrect facilement. En contrepartie, l'évolution de cet extracteur sera plus longue.
- C'est un langage naturellement multiplateforme.
- C'est un langage compilé qui fournit un exécutable après construction. Il n'y a donc nul besoin d'une "machine virtuelle" tel que la *JVM* pour Java ou l'*interpréteur de Python* pour Python.

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^{ème} élément), puis traite les données afin d'en faire une structure de données qui contient les utilisateurs, leurs sessions, leurs parties et leurs données.

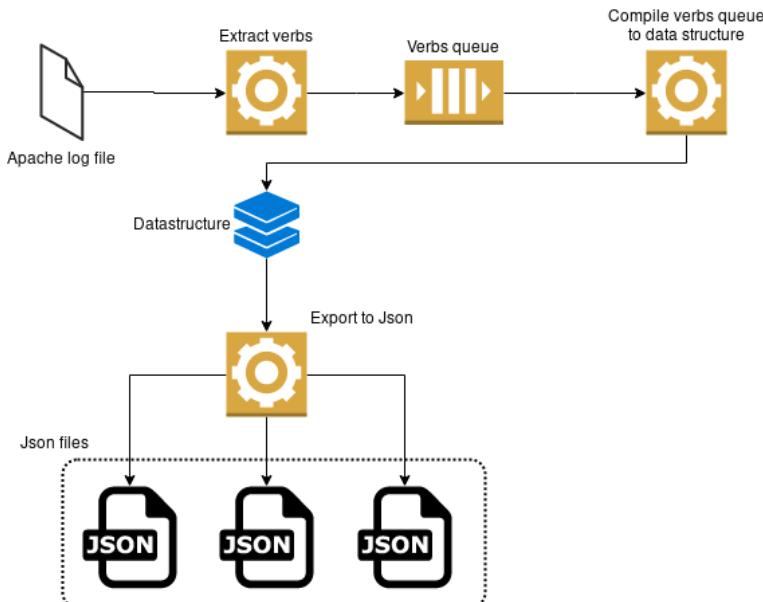


FIGURE 34 – Fonctionnement du parseur de données

1. <https://www.rust-lang.org/fr-FR/>

Pour créer le fichier JSON, nous avons utilisé la bibliothèque *Serde*[1] disponible sur Github. Grâce à cette bibliothèque, le parseur crée plusieurs fichiers. Un premier fichier répertorie tous les joueurs de notre jeu avec leur année de naissance et leur sexe. Ensuite, un fichier est créé pour chaque joueur et contient toutes les données envoyées lors de ses temps de jeu, à savoir les sessions, les parties, les données de chaque partie comme le dprime ...

Conclusion

Le but de ce stage était la réalisation d'un jeu sérieux permettant d'entrainer l'attention en milieu scolaire de n'importe quel étudiant. Nous nous sommes inspirés des tâches d'entraînement existantes afin de créer un prototype fonctionnel. Celui-ci permet grâce à sa modularité de jouer sur différents aspects de l'attention. Les données de chaque joueur sont récupérées pour être analysées. Le prochain objectif est de diffuser ce prototype et d'observer son impact sur l'évolution des capacités attentionnelles des joueurs.

Ce stage a été formateur pour moi pour plusieurs raisons. Il y a tout d'abord le contexte du projet. Je suis très intéressée par les jeux sérieux et ce projet m'a permis de comprendre les enjeux d'un jeu vidéo à la fois en milieu scolaire, mais aussi dans le cadre de la recherche. Ensuite, le projet en étant à ses débuts, nous avons participé au processus de création du jeu dans sa globalité, de son concept jusqu'à l'obtention d'un prototype fonctionnel. Nous nous sommes heurtés à différentes problématiques, techniques et fonctionnelles, que ce soit sur le fonctionnement du jeu ou la gestion des données.

Ce projet m'ayant beaucoup plus, et ayant eu une proposition du Dr. *Suliann Ben Hamed*, j'ai fait le choix de monter un dossier de thèse CIFRE pour pouvoir continuer de travailler sur ce projet. Cette thèse se fera en collaboration avec l'entreprise Kiupe, partenaire du projet.

Acronymes

CNIL Comission Nationale de l’Informatique et des Libertés. 35, 41,
Glossaire : Comission Nationale de l’Informatique et des Libertés

CNRS Centre National de la Recherche Scientifique. 5, 41, 42, *Glossaire* : Centre National de la Recherche Scientifique

ECAS Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire. 5, 8, 41, 42, *Glossaire* : Entrainement des capacités de Concentration et d’Attention en milieu Scolaire

ISC Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod. 1, 5, 6, 17, 23, 24, 41, 43, *Glossaire* : Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod

SF science-fiction. 18, 29, 41, *Glossaire* : science-fiction

Glossaire

Centre National de la Recherche Scientifique Le centre de recherche scientifique civil français. 5, 41

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. 35, 41

Entrainement des capacités de Concentration et d'Attention en milieu Scolaire Le projet de jeu sérieux sur lequel est basé mon stage. 5, 41

gabor Stimuli visuel de bas niveau, réalisé en faisant varier la luminance par rapport au fond. 9, 13

Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod Un centre de recherche dépendant du CNRS spécialisé dans la recherche autour du cerveau. 1, 41

Kiupe Studio de développement de jeux sérieux lyonnais partenaire du projet ECAS. 23

Matlab Langage de programmation destiné aux calculs numériques et utilisé dans la recherche. 9, 15, 42

Psychotoolbox Bibliothèque de fonctions pour Matlab 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. 18, 41

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.

Résumé

Un constat des professeurs a été fait concernant la difficulté de leurs élèves à se concentrer sur leurs cours. Une solution possible est de proposer aux étudiants un entraînement leur permettant d'améliorer leurs capacités d'attention pour pouvoir être plus attentifs en cours. Des outils existent déjà pour les enfants ayant des problèmes attentionnels avérés, par exemple les hyperactifs, mais ces outils ne sont pas adaptés au reste de la population. Il était donc nécessaire de créer un nouvel outil. Pour être ludique et attractif auprès de ce public, le choix a été fait de créer un jeu vidéo sérieux. Ce mémoire explique le processus de création de ce jeu réalisé dans le cadre de mon stage de fin de Master 2 à l'ISC, depuis les premiers concepts de gameplay jusqu'à la réalisation d'un jeu fonctionnel.