










# CONCEPTION D'UN SYSTÈME COMBINÉ RÉALITÉ AUGMENTÉE ET IMAGERIE CÉRÉBRALE NIRS

## RÉSULTATS DES TESTS

GBM8970-AR-NIRS.005 v 1.0

2022-04-18

Nom	Matricule	Signature
Juliette Pelletier	1953775	
Achille Vigneault	1962145	
Justine Loignon-Lapointe	1955621	
Gabriel Potvin	1957331	
Kayla Rezendes	1938396	
Khadija Yakoubi	1958714	
Sandrine Bédard	1954359	
Chiara Roche	1888481	
Remidler Damour	1963236	

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Les résultats.....</b>	<b>6</b>
2.1	Test T1 : Menu des paradigmes en réalité augmentée .....	6
2.1.1	Sommaire du test.....	6
2.1.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	6
2.1.3	Incidents .....	7
2.1.4	Correctifs.....	7
2.2	Test T2 : Paradigme <i>N-back</i> .....	7
2.2.1	Sommaire du test.....	7
2.2.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	7
2.2.3	Incidents .....	7
2.2.4	Explications.....	7
2.2.5	Correctifs.....	7
2.3	Test T3 : Paradigme <i>Stroop</i> .....	8
2.3.1	Sommaire du test.....	8
2.3.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	8
2.3.3	Incidents .....	8
2.3.4	Explications.....	8
2.3.5	Correctifs.....	8
2.4	Test T4 : Qualité de l’immersion dans l’environnement augmentée.....	9
2.4.1	Sommaire du test.....	9
2.4.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	9
2.4.3	Incidents .....	9
2.4.4	Correctifs.....	9
2.5	Test T5 : Vitesse de défilement des items dans N-back .....	10
2.5.1	Sommaire du test.....	10
2.5.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	10
2.5.3	Incidents .....	10
2.5.4	Correctifs.....	10
2.6	Test T6 : Précision du Stroop en réalité augmentée .....	10
2.6.1	Sommaire du test.....	10

2.6.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	10
2.6.3	Incidents .....	11
2.6.4	Explications.....	11
2.6.5	Correctifs.....	11
2.7	Test T7 : Précision du N-back en réalité augmentée .....	12
2.7.1	Sommaire du test.....	12
2.7.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	12
2.7.3	Incidents .....	12
2.7.4	Correctifs.....	12
2.8	Test T8 : Accessibilité des paradigmes en réalité augmentée .....	12
2.8.1	Sommaire du test.....	12
2.8.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	13
2.8.3	Incidents .....	13
2.8.4	Explications.....	13
2.8.5	Correctifs.....	13
2.9	Test T9 : Défilement des images en réalité augmentée .....	13
2.9.1	Sommaire du test.....	13
2.9.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	13
2.9.3	Incidents .....	14
2.9.4	Correctifs.....	14
2.10	Test T10: Limite de synchronisation .....	14
2.10.1	Sommaire du test.....	14
2.10.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	14
2.10.3	Incidents .....	14
2.10.4	Correctifs.....	15
2.11	Test T11 : Acquisition de données.....	15
2.11.1	Sommaire du test.....	15
2.11.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	15
2.11.3	Incidents .....	15
2.11.4	Correctifs.....	15
2.12	Test T12 : Adaptabilité des pauses .....	15
2.12.1	Sommaire du test.....	15

2.12.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	15
2.12.3	Incidents .....	16
2.12.4	Explications.....	16
2.12.5	Correctifs.....	16
2.13	Test T13 : Analyse des matériaux de la solution .....	16
2.13.1	Sommaire du test.....	16
2.13.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	16
2.13.3	Incidents.....	17
2.13.4	Correctifs.....	17
2.14	Test T14 : Ergonomie du produit et température de la tête.....	17
2.14.1	Sommaire du test.....	17
2.14.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	17
2.14.3	Incidents.....	17
2.14.4	Correctifs.....	17
2.15	Test T15 : Fonctionnement AR lorsqu’installé avec le NIRS.....	18
2.15.1	Sommaire du test.....	18
2.15.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	18
2.15.3	Incidents.....	18
2.15.4	Explications.....	18
2.15.5	Correctifs.....	18
2.16	Test 16 : Intégration de tous les systèmes.....	19
2.16.1	Sommaire du test.....	19
2.16.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	19
2.16.3	Incidents.....	19
2.16.4	Explications.....	19
2.16.5	Correctifs.....	19
2.17	Test T17 : Fonctionnement du produit.....	20
2.17.1	Sommaire du test.....	20
2.17.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	20
2.17.3	Incidents.....	20
2.17.4	Explications.....	20
2.17.5	Correctifs.....	20

2.18	Test T18 : Facilité d'installation .....	21
2.18.1	Sommaire du test.....	21
2.18.2	Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus .....	21
2.18.3	Incidents .....	21
2.18.4	Correctifs.....	21
<b>3</b>	<b>Développement durable.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des tests nécessaires à la validation de notre produit AR-NIRS. Pour chacun des tests établis lors du livrable précédent, les résultats obtenus sont comparés aux résultats attendus afin de juger de leur validité. S'il y a lieu, tous les incidents s'étant produits lors des tests sont notés, seront présentés, ainsi que les explications et correctifs nécessaires qui ont suivi. Finalement, une discussion sur la présence du développement durable dans notre projet est présentée.

## 2 LES RÉSULTATS

### 2.1 Test T1 : Menu des paradigmes en réalité augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :

E5.2.1-1a, E8.1-2a, E5.2.1.5a, E5.2.1.5b, E7.1.4, E9.2-5a

#### 2.1.1 Sommaire du test

Ce test a pour objectif de vérifier que le menu des paradigmes en réalité augmentée présente deux jeux dans l'environnement de réalité augmentée, soit N-Back et Stroop, que les jeux soient facilement ajustables selon les paramètres des exigences fonctionnelles et que les deux jeux compilent tout en vérifiant que le temps de démarrage des jeux répond aux exigences.

#### 2.1.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le menu présente les choix *N-back* et *Stroop*.
- ☒ Les deux jeux compilent.
- ☒ Le temps de démarrage du jeu est inférieur à 3s.
- ☒ L'utilisateur a été en mesure de spécifier les paramètres de la procédure sans erreurs et sans aide humaines (le manuel d'utilisation peut être utilisé).
- ☒ Tous les paramètres de l'exigence fonctionnelle sont présents.
- ☒ Le bouton *Next* amène à la page suivante; le bouton *Back* permet le retour à la page précédente. Le bouton *Start* démarre la séquence; le bouton *Play* démarre un niveau du jeu; le bouton *Quit* ferme le programme.
- ☒ Le programme affiche un message d'erreur si aucun dossier pour enregistrer les résultats n'est spécifié.

Commentaire du testeur :

- On ne peut pas choisir le nombre d'items si on sélectionne *Fixed*, comme le design l'entend
- Le jeu N-Back permet un N+1 ou N+2 seulement, comme le design l'entend.
- Temps de démarrage :
  - Test 1 : 1.02 seconde
  - Test 2 : 2.95 secondes

### 2.1.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

### 2.1.4 Correctifs

Il n'est a eu aucun correctif

## 2.2 Test T2 : Paradigme *N-back*

---

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.1-1b, E5.2.1-2a

### 2.2.1 Sommaire du test

Le test doit vérifier le fonctionnement du paradigme N-back auditif, visuel et combiné. Le test valide aussi l'enregistrement des réponses du participant.

### 2.2.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

☒ Le fichier Date\_heure\_Master.txt présente les réponses données par le participant.

Commentaire du testeur :

- Visuel : données entrées correspondent à ce qui est dans le fichier
- Audio : données entrées correspondent à ce qui est dans le fichier, on entend bien l'audio
- Audiovisuel : données entrées correspondent à ce qui est dans le fichier, on entend bien l'audio

### 2.2.3 Incidents

Dans le menu, on ne voyait plus les paramètres de jeu visuel, audio ou audiovisuel. Les boutons «use visuel» et «use audio» étaient devenus juste «use».

### 2.2.4 Explications

Le menu était réduit. En augmentant la taille de la fenêtre, les boutons étaient visibles dans leur intégralité.

### 2.2.5 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.

## 2.3 Test T3 : Paradigme Stroop

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.1-1c, E5.2.1-2a, E8.4-1a

### 2.3.1 Sommaire du test

Ce test a pour objectif de valider la présence des niveaux du jeu *Stroop*, que le jeu se déroule sans interruption et que les réponses du participant soient bien enregistrées.

### 2.3.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Les 5 niveaux correspondent aux sorties attendues.
- ☒ Les instructions sont comprises par le participant.
- ☒ Les 4 niveaux (1 à 4) ont des tutoriels.
- ☒ L'entièreté de la séquence se déroule sans interruption.
- ☒ Les réponses sont enregistrées dans le fichier .txt de réponses.
- ☒ Le nombre d'erreurs de sélection des boutons en réalité augmentée est inférieur à 5%

Commentaire du testeur :

- Niveau 1 : Fonctionne pour tutoriel, fonctionne pour le test
- Niveau 2 : Fonctionne pour tutoriel, fonctionne pour le test
- Niveau 3 : Fonctionne pour tutoriel, fonctionne pour le test
- Niveau 4 : Fonctionne pour tutoriel, fonctionne pour le test
- Instructions comprises par le participant
- Aucun lag notable, aucune interruption
- Toutes les informations se trouvent dans le document

### 2.3.3 Incidents

Dans le fichier MASTER, ce n'est pas écrit quand c'est un tutoriel.

### 2.3.4 Explications

Bien que le mot tutoriel n'est pas écrit dans le fichier MASTER, le niveau difficulté : control 0 est un tutoriel. Le tutoriel est traité dans le fichier comme un niveau normal.

### 2.3.5 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.



## 2.4 Test T4 : Qualité de l'immersion dans l'environnement augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.1-1, E6.1-1, E5.2.1-4

### 2.4.1 Sommaire du test

Le test doit vérifier que les paradigmes en réalité augmentée sont immersifs.

### 2.4.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ La moyenne sur 10 de l'immersion de 5 individus est supérieure ou égale à 5.

Commentaire du testeur : Les notes (sur 10) de 4 ou 5 personnes ont été recueillies pour chacun des paradigmes afin de qualifier la qualité d'immersion.

#	N-Back (/10)	Stroop (/10)
1	7.5	8
2	6	7
3	8	7
4	6	6.5
5	8.5	-
Moyenne	7,2	7,1

### 2.4.3 Incidents

Aucun incident ne s'est produit.

### 2.4.4 Correctifs

Aucun correctif n'était nécessaire.

## 2.5 Test T5 : Vitesse de défilement des items dans N-back

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.1-6a

### 2.5.1 Sommaire du test

Le test doit vérifier que l'intervalle des items défilés en réalité augmentée lors du jeu *N-back* est bien de 5s, avec une marge d'erreur de plus ou moins 1s.

### 2.5.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ La moyenne des intervalles de temps entre 2 objets pour 15 objets sur 4 essais est dans l'intervalle de  $5 \pm 1$  s.

Commentaire du testeur : Les durées d'apparition de chaque objet ont été mesurées à 4 différentes vitesses de défilement.

Vitesse	Durée d'existence de l'objet
0.5	$(5 \pm 1)$ s
1.0	$(5 \pm 1)$ s
1.5	$(5 \pm 1)$ s
2.0	$(5 \pm 1)$ s

### 2.5.3 Incidents

Aucun incident n'a été déclaré.

### 2.5.4 Correctifs

Aucun correctif n'a été nécessaire.

## 2.6 Test T6 : Précision du Stroop en réalité augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.3.-1a

### 2.6.1 Sommaire du test

L'objectif de ce test est de vérifier que le *Stroop* en réalité augmentée permet une précision équivalente au protocole standard *Stroop* effectué sur papier.

### 2.6.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☐ Le temps de réponse est égal à  $\pm 5\%$  en réalité augmentée comparée au format papier pour les 4 individus

Commentaire du testeur : Voici l'ordre des tests effectués :

- Level 1 : Identifier la couleur d'un carré
- Level 2 : Lire la couleur écrite en noir
- Level 3 : Identifier la couleur de l'encre du mot : **vert** → « rouge »)
- Level 4 : Identifier la couleur de l'encre ou le mot écrit (ex : **vert** → « rouge », **vert** → « vert »)

#	Stroop AR	Stroop papier	% de différence
1 (début sur AR)	1.74 s	0.49 s	255
	1.21 s	0.48 s	152
	1.55 s	0.68 s	127
	1.98 s	1.71 s	16
2 (début sur papier)	1.27 s	0.58 s	118
	1.16 s	0.52 s	123
	1.36 s	0.80 s	70
	1.78 s	1.23 s	44
3 (début sur AR)	1.24 s	0.73 s	69
	1.35 s	0.70 s	92
	1.47 s	1.06 s	38
	1.62 s	1.36 s	19
4 (début sur papier)	1.16 s	0.52 s	123
	1.28 s	0.45 s	184
	1.35 s	0.79 s	71
	1.32 s	1.10 s	20

### 2.6.3 Incidents

Le temps de réponse en réalité augmenté est plus grand que 5% de celui du test papier.

### 2.6.4 Explications

On peut voir que dans tous les cas, la rapidité sur réalité augmentée est inférieure à celle d'un Stroop classique sur papier, particulièrement pour les difficultés 1 et 2, où la cause principale du délai est le temps nécessaire pour sélectionner la réponse et passer à la question suivante. De plus, puisque les temps de réponse sur papier sont très petits, 5% de ce petit temps est très peu de marge. Puisque dire la couleur à voix haute n'est pas la même action que sélectionner un objet en réalité augmentée, cela peut être expliqué.

### 2.6.5 Correctifs

Aucun correctif n'a été nécessaire.

## 2.7 Test T7 : Précision du N-back en réalité augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.3.-1a

### 2.7.1 Sommaire du test

L'objectif de ce test est de vérifier que le *N-back* en réalité augmentée permet une précision équivalente au protocole standard *N-back* effectué sur papier.

### 2.7.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le temps de réponse est égal à  $\pm 5\%$  en réalité augmentée visuelle comparée au format audio pour les 4 individus.

Commentaire du testeur : Le **tableau 2.1** présente les résultats pour chaque participant au N-back 1 & 2 versions visuelle et audio, la différence entre les temps de réponse pour les deux modes a été calculée.

Tableau 2.1 : Résultat test 7 N-back.

#	1 <sup>er</sup> mode	N-back visuel	N-back audio	% différence	
1	Visuel	5 s 5 s	5 s 5 s	0% 0%	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
2	Audio	5,10 s 5,10 s	5 s 5 s	2% 2%	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
3	Visuel	5 s 5,10 s	5 s 5 s	0% 2%	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4	Audio	5,10 s 5,10 s	5 s 5 s	2% 2%	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Tous les temps de réponse sont à moins de  $\pm 5\%$  entre la version audio et visuelle. Le test est réussi.

### 2.7.3 Incidents

La séquence dans le test a été modifiée pour *Random* pour éviter que la personne ait exactement les mêmes items pour la version audio et visuelle.

### 2.7.4 Correctifs

La procédure de test a été modifiée en conséquence.

## 2.8 Test T8 : Accessibilité des paradigmes en réalité augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E7.4-1a, E7.4-1b, E7.4-1c

### 2.8.1 Sommaire du test

L'objectif du test est de vérifier que le niveau sonore est ajustable pour permettre une écoute adéquate des mots présentés dans le N-back auditif tout en ne causant pas de dommage aux tympans du participant que la police et les couleurs sont accessibles (soit vérifier qu'elles correspondent aux éléments issus de la littérature).

### 2.8.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ La police du menu correspond à Atkinson Hyperlegible.
- ☒ L'écriture est en bleu.
- ☒ Le volume sonore est ajustable (pour les 3 niveaux : 50, 12.9, 77.6).
- ☒ Un ajustement du volume se remarque lors de l'exécution du jeu.

Commentaire du testeur :

Aucun commentaire

### 2.8.3 Incidents

La procédure de test incluait l'usage d'un décibel-mètre qui n'était pas utile.

### 2.8.4 Explications

Pour donner suite aux discussions avec le client, le son, au lieu d'être une valeur fixe, a été modifié pour être ajustable. La procédure de test n'avait pas été modifiée en conséquence.

### 2.8.5 Correctifs

Les instructions relatives au décibel-mètre ont été retirées de la procédure de test.

## 2.9 Test T9 : Défilement des images en réalité augmentée

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E8.1-1a

### 2.9.1 Sommaire du test

L'objectif de ce test est de vérifier que le N-back en réalité augmentée permet un défilement continu des images en réalité augmentée.

### 2.9.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le paramètre FPS est supérieur à 30 FPS tout au long du jeu

Commentaire du testeur :

Le paramètre FPS est entre 77,8 FPS et 80 FPS tout au long du jeu.

### 2.9.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

### 2.9.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun incident.

## 2.10 Test T10: Limite de synchronisation

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.2-1a, E5.2.2-2a, E8.3-1

### 2.10.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de valider les limites de synchronisation des systèmes. Pour ce faire, le test consiste à faire l'évaluation des délais de communication entre chacun des systèmes. La **figure 2.1** présente les délais qui doivent être évalués dans chacun des systèmes, représentés par des flèches entre chacun des systèmes.

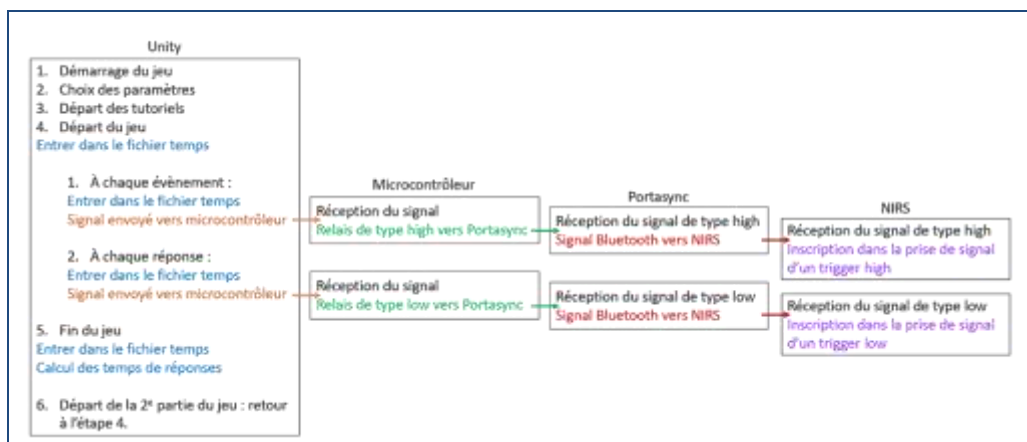


Figure 2.1 : Design de la partie synchronisation de la solution

### 2.10.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le délai total est de 10ms, excluant la transmission Bluetooth
- ☒ Les fluctuations d'un système sont inférieures à 2ms

Commentaire du testeur :

- Le délai total est en moyenne une communication de 2-3 ms pour le N-Back
- Environ 20 microsecondes pour la communication avec le Arduino
- Total maximum : 3,02ms

### 2.10.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

#### 2.10.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.

## 2.11 Test T11 : Acquisition de données

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.2-3, E8.3-2a

### 2.11.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que toutes les données de chaque système sont enregistrées et consultables.

### 2.11.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Les fichiers sont enregistrés à l'endroit prévu, qu'ils sont consultables et que les données peuvent être analysées

### 2.11.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

### 2.11.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.

## 2.12 Test T12 : Adaptabilité des pauses

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.2-5

### 2.12.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que le produit suit la progression des tests.

### 2.12.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Il est possible de prendre des pauses durant le jeu avec une durée supérieure de 20s.

Commentaire du testeur :

- Pause de 30 secondes, tout s'est bien passé
- Pause de 20 secondes, tout s'est bien passé
- Replay du niveau 1, tout s'est bien passé
- Pause de 20 secondes, tout s'est bien passé

- Pause de 40 secondes, tout s'est bien passé
- Arrêt de plusieurs secondes pendant le test, tout s'est bien passé
- Pause de 30 secondes, tout s'est bien passé
- Pause de 25 secondes, tout s'est bien passé

### 2.12.3 Incidents

La procédure du test 12 a été modifiée puis refait.

### 2.12.4 Explications

Des précisions concernant le type de jeu et les paramètres ont été ajoutés .

### 2.12.5 Correctifs

Les directives suivantes ont été ajoutées :

- Sélectionner le jeu *Stroop*. Cliquer *Next*.
- Sélectionner un dossier pour enregistrer les résultats. Cliquer sur *Next*.
- Sélectionner les paramètres suivants et cliquer sur *Start* :
  - Time : 90
  - Number of Levels : 4
  - Sequence difficulty: 1, 2, 3, 4
  - Sequence : Single Task (Stroop)
  - Game Mode: Fixed

## 2.13 Test T13 : Analyse des matériaux de la solution

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E6.3-2a, E6.3-3, E7.1-2

### 2.13.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de valider que les matériaux choisis dans la solution sont accessibles et peu coûteux, pour faciliter le remplacement en cas de problème, et se désinfectent si en contact rapproché avec des participants.

### 2.13.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le prix par item est en bas de 100\$
- ☒ Les items qui doivent être désinfectés ne sont pas endommagés par le processus
- ☒ Le lieu d'achat des items est soit en ligne ou dans un magasin de Montréal

Commentaire du testeur :

- Prix en bas de 100\$ par item



- Les items sont ajustables et peuvent être désinfectés
- Les lieux des compagnies des achats sont validés

#### 2.13.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

#### 2.13.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.

### 2.14 Test T14 : Ergonomie du produit et température de la tête

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E6.2-1a, E6.2-2, E6.2-3a, E9.2-1a, E9.2-2, E9.2-3, E9.2-6a

#### 2.14.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que le produit est ergonomique. Pour ce faire, les paramètres de poids du produit, de confort, de stabilité et de liberté de mouvement.

#### 2.14.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Le poids du dispositif d'intégration est inférieur à 10% du poids additionné des systèmes NIRS et AR
- ☒ Des valeurs moyennes supérieures ou égales à 3 sont obtenues pour chaque critère d'évaluation : confort, lourdeur, stabilité et liberté de mouvement.
- ☒ La moyenne est inférieure à 5 pour la chaleur

Commentaire du testeur :

- La moyenne pour le confort est 3.1
- La moyenne pour la lourdeur est 3.8
- La moyenne pour la stabilité est 4.4
- La moyenne pour la liberté de mouvement est 4.5
- La moyenne pour la température est 3.2
- Le dispositif d'intégration pèse moins qu'une livre

#### 2.14.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

#### 2.14.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun incident.

## 2.15 Test T15 : Fonctionnement AR lorsqu'installé avec le NIRS

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.2-7

### 2.15.1 Sommaire du test

L'objectif de ce test est de vérifier que l'intégration des casques AR et NIRS permet le fonctionnement adéquat de chaque dispositif.

### 2.15.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ La calibration des yeux est effectuée entièrement et permet de ne pas voir en double
- ☒ Le champ de vue lors des deux jeux permet d'observer l'écriture, les objets et les boutons de réponses en entier
- ☒ Les données dans *Oxysoft* ne sont pas altérées, aucune interférence entre le casque AR et NIRS
- ☒ Il n'y a pas d'interférence entre les télécommandes Bluetooth

Commentaire du testeur :

- Les 3 premiers points sont acceptables
- Lors du premier test, les télécommandes Bluetooth ne fonctionnaient pas, donc c'est impossible de tester le dernier point sur l'interférence entre les télécommandes
- Lors du deuxième test, il n'y a pas eu d'interférences entre les télécommandes

### 2.15.3 Incidents

Le *PortaSync* ne fonctionnait pas, donc l'interférence entre les télécommandes ne pouvait pas être testée lors du premier essai.

### 2.15.4 Explications

Il y avait un problème pour l'envoi des Triggers (voir T17 pour explication).

### 2.15.5 Correctifs

Quand les correctifs sont apportés pour le test 17, l'interférence entre les télécommandes était validée et approuvée.

## 2.16 Test 16 : Intégration de tous les systèmes

---

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.1.2-2a, E5.1.2-1

### 2.16.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que le produit intègre les systèmes de casque de réalité, de système d'imagerie NIRS, de tapis roulant et de bouton de réponse.

### 2.16.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ Tous les items sont présents
- ☒ Les fils ne sont pas endommagés
- ☒ La lumière de l'*Arduino* s'allume pour indiquer la connexion

Commentaire du testeur :

- Les items sont présents et non endommagés
- La lumière s'allume pour le N-back
- La lumière ne s'allume pas pour le Stroop
- Lumière est toujours allumée
- Lors de la deuxième journée de tests, la lumière s'allume pour les deux jeux.

### 2.16.3 Incidents

La lumière ne s'allumait pas quand le jeu *Stroop* était choisi. Cependant, si le *Stroop* était joué après le *N-back*, la lumière était déjà allumée et elle restait allumée.

### 2.16.4 Explications

La ligne de code permettant d'envoyer le signal à l'*Arduino* pour allumer était en commentaire pour le *Stroop*. Quand un jeu se termine, le port de connexion n'est jamais fermé et il n'y a aucune consigne envoyée à l'*Arduino* pour éteindre la lumière.

### 2.16.5 Correctifs

La ligne de code pour allumer la lumière est décommentée. De plus, quand le chercheur appuie sur le bouton *Quit* quand il termine un essai, le port de connexion est fermé et une consigne est envoyée à l'*Arduino* pour fermer la lumière. La lumière s'allume pour les deux jeux et elle s'éteint à la fin.

## 2.17 Test T17 : Fonctionnement du produit

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E5.2.2-6, E5.2.2-7, E5.2.3-1, E5.3-2, E5.2.1-3

### 2.17.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que le produit fonctionne.

### 2.17.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ L'acquisition des données est faite pour les systèmes NIRS et Footswitch
- ☒ Les marqueurs faits avec les télécommandes sont visibles dans chaque logiciel, *Oxysoft* et *Vicon Nexus*
- ☒ Les fichiers de synchronisation *Date\_heure\_Test\_synchro\_AR.txt* et *Date\_heure\_Test\_synchro\_Arduino.txt* et le fichier *Date\_heure\_Master.txt* sont accessibles
- ☒ Le fichier Matlab est accessible

Commentaire du testeur :

- Le fichier Matlab est accessible
- Les fichiers sont accessibles
- Les données du NIRS et des Footswitches sont acquises
- Lors de la première journée de tests, les marqueurs ne sont pas présents dans le logiciel *Oxysoft* et *Vicon Nexus*
- Lors de la deuxième journée de tests, les marqueurs sont visibles sur un voltmètre

### 2.17.3 Incidents

Les marqueurs n'étaient pas visibles dans le logiciel *Oxysoft* et *Vicon Nexus* lors de la première journée de test.

### 2.17.4 Explications

Pour le jeu *Stroop*, une partie du code pour envoyer les signaux vers l'*Arduino* était commentée.

### 2.17.5 Correctifs

Lors de la première journée de tests, les connexions des fils de l'*Arduino* et du PCB ont été vérifiées, ainsi que les connexions BNC. Les marqueurs ont commencé à fonctionner pour le jeu *N-back*. Cependant, les marqueurs n'apparaissaient pas pour le *Stroop*. Entre les deux journées de tests, les connexions du PCB ont été vérifiées avec un multimètre pour valider que les soudures ont été bien faites. Tout était correct. De plus, le code du *Stroop* a été vérifié et décommenté. Lors de la deuxième journée de tests, un voltmètre a permis de démontrer que les marqueurs ont été reçus et transmis par l'*Arduino* au bon moment.

## 2.18 Test T18 : Facilité d'installation

---

Exigence(s) touchée(s) par ce test :  
E7.1-1a

### 2.18.1 Sommaire du test

Le test a pour objectif de vérifier que l'installation sur le participant du produit est facile et rapide.

### 2.18.2 Résultats obtenus par rapport aux résultats attendus

Voici la liste des résultats attendus. La boîte cochée indique que le résultat attendu est obtenu.

- ☒ La moyenne du temps d'installation des casques est inférieure à 10 minutes pour les 4 personnes

Commentaire du testeur :

- La moyenne est de 4,3 minutes avec 2 ou 3 personnes installant le casque

### 2.18.3 Incidents

Il n'y a eu aucun incident.

### 2.18.4 Correctifs

Il n'y a eu aucun correctif.

### 3 DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable comporte trois volets : environnemental, social et économique. Le volet environnemental du projet s'illustre principalement dans le choix des matériaux et les procédés de fabrication utilisés pour les dispositifs d'intégration physique. L'appui-tête utilisé entre les deux casques est fait de mousse EVA (éthylène vinyle acétate), un matériau qui pose très peu de danger à l'utilisation. Il est prouvé qu'il ne contient aucun agent toxique pour l'utilisateur. Les compagnies qui recyclent cette mousse sont difficiles à localiser, cependant elle peut être facilement réutilisée pour d'autres applications grâce à sa malléabilité et sa spongiocité. Pour avoir une bonne qualité de surface, l'usinage de la mousse demande des outils tranchants ou des machines spécialisés. Néanmoins, l'EVA pose très peu de résistance à la découpe ce qui rend l'usinage peu coûteux en énergie. Le boîtier Arduino ainsi que son support sont imprimés en 3D à partir de plastique PLA (Acide Polyactique). L'impression 3D est le meilleur choix en termes d'énergie vu la complexité de la boîte. Contrairement à l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène), l'autre matériau populaire pour l'impression 3D, le PLA est biodégradable, c'est-à-dire que les liens entre les molécules se dégradent facilement par les bactéries, retournant le plastique à un état plus écologique. Ce matériau peut aussi être facilement recyclé en le retournant à un état de fil réutilisable pour l'impression 3D.

Le volet social s'illustre dans le contexte d'utilisation de la solution et l'objectif suivi par le projet. La finalité du projet est la réduction des chutes chez les personnes âgées. La collaboration de professionnels provenant de disciplines diverses est nécessaire en vue d'atteindre l'objectif. C'est donc une opportunité d'apprentissage et d'échange de connaissances. L'objectif sert principalement l'intérêt des personnes à risques de chuter pendant ses activités quotidiennes. Les conséquences des chutes peuvent aller d'une simple éraflure à une fracture importante. Une autre conséquence souhaitée est le prolongement de la vie active des personnes âgées, les rendre plus fonctionnelles en tant que membre de la société. L'intégration de la réalité augmentée et de l'imagerie cérébrale peut aussi être utilisée pour cibler d'autres problèmes liés à l'attention, la mémoire ou encore la coordination, montrant le caractère durable du projet.

Le projet n'a pas un impact important sur l'aspect économique du développement durable. La finalité n'est pas un produit commercialisable mais s'inscrit plutôt dans un cadre de recherche. La solution proposée nécessite l'achat d'un casque de réalité augmentée, quelques impressions 3D et usinages. Le coût total n'est pas un facteur limitant dans le contexte d'utilisation de la solution. Cependant, l'utilisation du produit dans un cadre plus personnel demande un déboursement substantiel pour l'achat du casque, limitant l'étendue de son exploitation.

#### 4 CONCLUSION

En conclusion, la validation des tests s'est faite avec peu d'incidents majeurs. Sept des 18 tests ont eu un incident, mais seulement 3 de ces 7 tests sont considérés majeurs et tous sont dus à la même raison. En effet, afin de permettre au programmeur du jeu de tester le jeu sans erreur, la partie de code de la synchronisation avait été commentée. Toutefois, lors des tests nous avons oublié de décommenter une partie et il y avait eu des problèmes dans l'envoi des triggers puisqu'il n'y avait pas les lignes actives codant ses *triggers*. Sinon, nous avons observé que la lumière du boîtier ne s'allumait pas pour le test sur l'Arduino puisque la ligne de code qui envoyait le signal avait aussi été commentée. Nous avons eu l'opportunité lors des tests d'observer que nos procédures de tests manquaient parfois de clarté ou n'étaient plus à jour avec la solution finale. Nous avons corrigé et refait les tests en cause.

Finalement, une solution pour mieux gérer les codes des différents aspects du jeu, soit les paradigmes et la synchronisation, aurait été très utile et nous aurait évité une panique lors des tests. Nous aurions pu, par exemple, mettre des commentaires conditionnels au type de façon que le jeu est lancé, mais cela aurait été à vérifier puisque le jeu était lancé à partir de *Unity*.

Avec les corrections apportées pour donner suite aux incidents, le prototype est maintenant jugé acceptable selon nos tests et remplit les spécifications et contraintes en suivant le design établi. Le prototype va même au-delà des spécifications établies puisque nous avons ajouté une troisième sortie pour de futures utilisations pour l'EEG et que nous avons créé le jeu de façon qu'il soit le plus modulable et ajustable possible pour satisfaire le plus de protocoles possible.

## HISTORIQUE DES VERSIONS

Version	Date	Détails	Auteur(s)
1	13 avril 2022	Création du document	