



ANNÉE: 2023-2024

FACTEURS HUMAINS

PROJET ELECTIF S7

Réalisé par:

*EL BARHICHI MOHAMMED
NOKRA HIBA
BEN ATTOU EL IDRISSI HIBAT ALLAH
SADOUNE CHAIMAE
LAABYDY MOHAMMED
MARS AYMANE
SAADIOUI WADIAA*

Encadré par:

M. VANDERHAEGEN

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iii
Liste des tableaux	v
 Remerciement	 1
Introduction	3
Gestion de projet	5
 1 Analyse structuro-fonctionnelle du système	 7
1.1 Objectifs	7
1.2 Cahier des charges	8
1.2.1 Diagramme bête à cornes	8
1.2.2 Diagramme pieuvre	9
1.2.3 Diagramme SADT	10
1.2.4 Modèle en cascade	11
 2 Simulations	 13
2.1 Simulation de la bille en mouvement	13
2.1.1 Algorithme de la simulation	13
2.1.2 Explication du programme	14
2.2 Simulation du carré clignotant et bipant	16
2.2.1 Algorithme de la simulation	16
2.2.2 Explication du programme	17
2.3 Image utilisées pendant la simulation	19
 3 Description du protocole expérimental	 21

3.1	Protocole expérimental	21
3.2	Mesure de la fréquence cardiaque	23
3.3	Questions posées de l'évaluation de charge de travail	24
4	Résultats et Discussions	25
4.1	Cas 1 : Condition périodique et synchrone	25
4.1.1	Simulation avec la bille en mouvement	25
4.1.2	Carré clignotant et bipant	28
4.1.3	Conclusion du 1er cas	30
4.2	Cas 2 : Condition périodique et asynchrone	31
4.2.1	Simulation avec la bille en mouvement	31
4.2.2	Carré clignotant et bipant	34
4.2.3	Conclusion du 2ème cas	35
4.3	Cas 3 : Condition apériodique et synchrone	36
4.3.1	Simulation avec la bille en mouvement	36
4.3.2	Carré clignotant et bipant	38
4.4	Comparaison globale	39
5	Analyse statistique des résultats	41
5.1	Fréquence cardiaque	41
5.2	Influence des conditions sur la moyenne des erreurs	42
5.3	Influence des conditions sur la charge de travail	44
5.4	Influence du genre sur les résultats	46
5.5	Influence de "l'Effet de Surprise" sur la performance des sujets	47
6	Conclusion et perspectives	49
6.1	Éléments marquants et perspectives de l'expérience	49
6.2	Conclusion	50

Table des figures

1.1	Étapes de notre projet Facteurs Humains	8
1.2	Diagramme Bête à Cornes	9
1.3	Diagramme pieuvre	9
1.4	Diagramme SADT A-0	10
1.5	Diagramme SADT des différentes étapes de notre projet	11
1.6	Modèle en cascade	11
2.1	Interface de démarrage pour la simulation 1	14
2.2	Apparition d'une image dans la simulation 1	16
2.3	Interface de démarrage pour la simulation 2	17
2.4	Apparition d'une image dans la simulation 2	19
2.5	Image utilisées pendant la simulation	19
3.1	Protocole expérimental	22
3.2	Mesure de la fréquence cardiaque avec l'application Cardiograph	23
3.3	Illustration des étapes de l'expérience	24
4.1	Résultats du groupe 1	26
4.2	Détection du contenu des images pour le groupe 1	26
4.3	Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 1	27
4.4	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient (Groupe 1)	28
4.5	Résultats du groupe 2	29
4.6	Détection du contenu des images du groupe 2	29
4.7	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (Groupe 2)	30
4.8	Résultats du groupe 3	31
4.9	Détection du contenu des images pour le groupe 3	32

4.10	Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 3	32
4.11	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient(groupe 3)	33
4.12	Résultats du groupe 4	34
4.13	Détection du contenu des images du groupe 4	35
4.14	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (group 4)	35
4.15	Résultats du groupe 5	36
4.16	Détection du contenu des images pour le groupe 5	37
4.17	Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 5	37
4.18	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient (groupe 5)	38
4.19	Résultats du groupe 6	38
4.20	Détection du contenu des images du groupe 6	39
4.21	Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (groupe 6)	39
5.1	Fréquence cardiaque avant/après pour la simulation 1	41
5.2	Fréquence cardiaque avant/après pour la simulation 2	42
5.3	Influence des conditions sur la moyenne des erreurs pour la simulation 1	43
5.4	Influence des conditions sur la moyenne des erreurs pour la simulation 2	43
5.5	Influence des conditions sur la charge de travail pour la simulation 1	44
5.6	Influence des conditions sur la charge de travail pour la simulation 2	45
5.7	Influence de l'âge sur la charge de travail	45
5.8	Influence du genre sur la moyenne des erreurs	46
5.9	Influence du genre sur la charge de travail	46

Liste des tableaux

1	Répartition des rôles et des responsabilités dans l'équipe projet	5
1.1	Tableau des Fonctions Principales (FP) et Fonctions Contraintes (FC) de notre diagramme Pieuvre	10
3.1	Questions brutes modifiées de l'indice de charge de travail de la NASA et de l'échelle d'évaluation	24

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers l'équipe pédagogique de l'École Centrale Casablanca pour son dévouement envers la qualité de la formation. Nous souhaitons particulièrement remercier M. VANDERHAEGEN pour son soutien constant, sa disponibilité et sa générosité dans le partage d'informations et de connaissances. Les échanges fructueux que nous avons eus lors des différentes séances ont grandement contribué à notre apprentissage et à notre développement professionnel. Nous sommes également reconnaissants envers M. DARMOUL pour avoir inclus l'électif "Facteurs Humains" parmi les disciplines proposées dans la compétence "Développer". Cette intégration a considérablement renforcé notre compréhension de l'importance des facteurs humains dans le développement des projets et des entreprises. Nous apprécions cette opportunité d'apprentissage et saluons l'engagement continu de l'équipe pédagogique envers notre réussite.

Introduction

Les projets homme-machine sont de plus en plus fréquents dans notre société moderne, ce qui souligne l'importance cruciale de prendre en considération les aspects humains lors de leur conception. Des éléments tels que la convivialité, la sécurité et la facilité d'utilisation sont fondamentaux pour assurer le bon fonctionnement des systèmes de manière efficace.

L'intégration de ces facteurs dans la conception vise à optimiser la performance des systèmes tout en minimisant les erreurs et les incidents, contribuant ainsi à renforcer la sécurité globale des projets. Il devient donc impératif d'incorporer ces considérations humaines dans le processus de conception des projets homme-machine afin d'améliorer la performance des systèmes et de garantir la sécurité ainsi que le bien-être des utilisateurs. Les ingénieurs et concepteurs doivent donc prendre en compte ces aspects lors de la planification de projets futurs.

Actuellement, plusieurs approches sont disponibles pour améliorer les systèmes homme-machine, comprenant des méthodes d'analyse pour les systèmes en conditions normales ou dégradées, ainsi qu'une diversité d'approches pour la modélisation des tâches humaines et l'évaluation des systèmes homme-machine. Ces approches ont un impact significatif sur l'efficacité et la productivité du travail, tout en contribuant à la réduction des taux d'erreurs.

Ce travail présente une application de nos connaissances en matière de facteurs humains dans un contexte professionnel spécifique. Il commence par détailler les exigences, suivi de l'approche générale utilisée pour mener à bien le projet. L'objectif est de décrire l'analyse de la structure et des fonctions du système lié au sujet de ce projet.

Gestion de projet

Voici un aperçu de la répartition des rôles et des responsabilités entre les membres de l'équipe projet pour assurer un bon déroulement et une réalisation efficace de notre projet.

Membre	Responsabilités
Mohammed El Barhichi	- Coordination générale du projet, conception et programmation des simulations
Hiba Nokra	- Analyse des résultats, Suivi des tâches et réalisation des manipulations
Ayman Mars	- Réalisation de l'analyse structuro-fonctionnel du projet
Chaimae Sadoune	- Réalisation du protocole expérimental et des manipulations
Hibat Allah Ben Attou El Idrissi	- Analyse statistique des résultats et des influences
Mohamed Laabydy	- Réalisation des manipulations de la simulation 1
Wadiaa Saadioui	- Réalisation des manipulations de la simulation 2

TABLE 1 – Répartition des rôles et des responsabilités dans l'équipe projet

1 | Analyse structuro-fonctionnelle du système

1.1. Objectifs

Ce projet vise à atteindre plusieurs objectifs principaux :

- Étudier l'Impact des Conditions Expérimentales : Analyser comment différentes conditions expérimentales, telles que la synchronisation avec la fréquence cardiaque ou l'apériodicité des stimuli, influencent la performance et la charge de travail des participants.
- Évaluer la Performance de Comptage : Mesurer avec précision la capacité des participants à compter le nombre de fois que la bille touche la zone d'arrivée dans la première simulation et le nombre de clignotements et de bips dans la deuxième simulation.
- Analyser la Perception des Images : Examiner si les participants sont capables de percevoir et de se souvenir des images affichées pendant les simulations malgré les distractions liées aux mouvements de la bille ou des clignotements.
- Évaluer la Charge de Travail Subjective : Utiliser le questionnaire RTLX pour recueillir les évaluations subjectives des participants concernant la charge mentale, physique et temporelle, l'effort, la frustration et la performance perçue pendant les expériences.
- les Données Démographiques et Physiologiques : Enregistrer et intégrer des données telles que l'âge, le genre et la fréquence cardiaque des participants pour une analyse plus approfondie de l'impact des facteurs individuels sur les résultats expérimentaux.
- Fournir des Insights pour l'Amélioration des Interfaces Homme-Machine : Utiliser les résultats obtenus pour informer la conception et le développement de systèmes interactifs plus efficaces et conviviaux, en tenant compte des variations individuelles et des contextes d'utilisation.

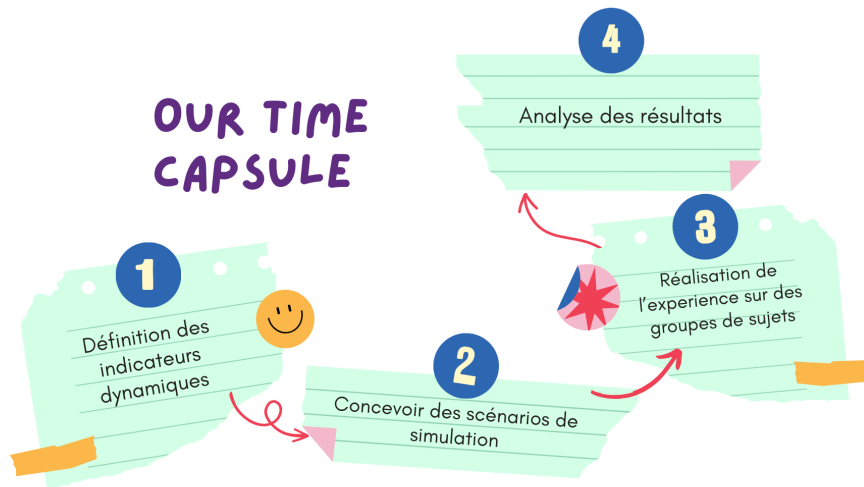


FIGURE 1.1 – Étapes de notre projet Facteurs Humains

1.2. Cahier des charges

Afin de précisément identifier et formaliser les objectifs, le besoin et les contraintes de notre étude, nous avons choisi d'effectuer une analyse fonctionnelle de notre système en utilisant trois diagrammes fondamentaux : le diagramme bête à cornes, le diagramme de pieuvre et le diagramme SADT.

1.2.1. Diagramme bête à cornes

Le diagramme de bête à cornes constitue un instrument utilisé dans la phase initiale de la méthode d'analyse fonctionnelle du besoin et de l'analyse de la valeur. Son objectif principal est de déterminer l'utilité du produit pour l'utilisateur en représentant graphiquement les besoins. Cela se fait en répondant à trois questions simples concernant le système étudié :

- À qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

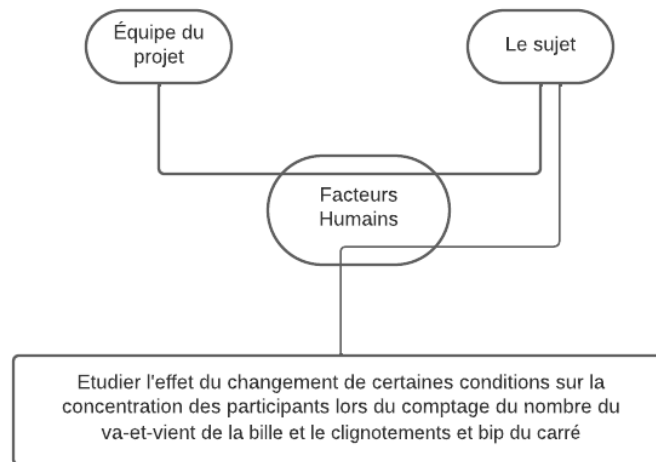


FIGURE 1.2 – Diagramme Bête à Cornes

1.2.2. Diagramme pieuvre

Le diagramme pieuvre, également connu sous le nom de diagramme des interactions, est un schéma illustrant la relation entre le système ou le produit étudié et son environnement. Son objectif principal est de mettre en évidence les fonctions principales (FP) et les fonctions contraintes (FC), ainsi que de montrer comment ces fonctions interagissent avec le milieu extérieur.

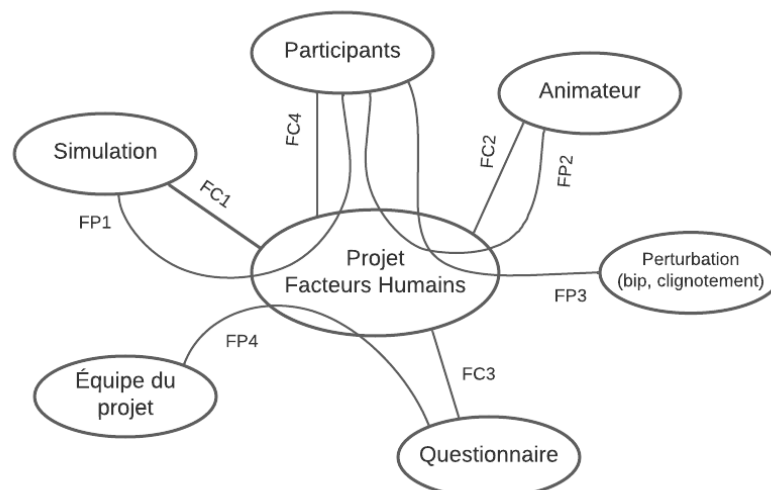


FIGURE 1.3 – Diagramme pieuvre

ID	Description
FP1	Permettre de compter le nombre de va-et-vient de la bille et le clignotement et le bip du carré et aussi suivre l'évolution des indicateurs
FP2	Influencer la concentration des participants
FP3	Mesurer la concentration du participant lors de l'étape du comptage de la simulation
FP4	Être capable de sauvegarder, d'analyser et de conclure sur les résultats des participants
FC1	Être clair et bien affiché sur l'écran
FC2	Avoir différentes attitudes et approches
FC3	Poser des questions précises et objectives
FC4	Choisir des participants divers

TABLE 1.1 – Tableau des Fonctions Principales (FP) et Fonctions Contraintes (FC) de notre diagramme Pieuvre

1.2.3. Diagramme SADT

Le diagramme SADT, acronyme de Structured Analysis and Design Technique, est un outil graphique utilisé dans le domaine de l'ingénierie des systèmes pour modéliser et analyser les processus. Il se caractérise par une représentation structurée et hiérarchique des fonctions et des relations au sein d'un système. Voici le diagramme SADT pour notre sujet de Facteurs Humains :

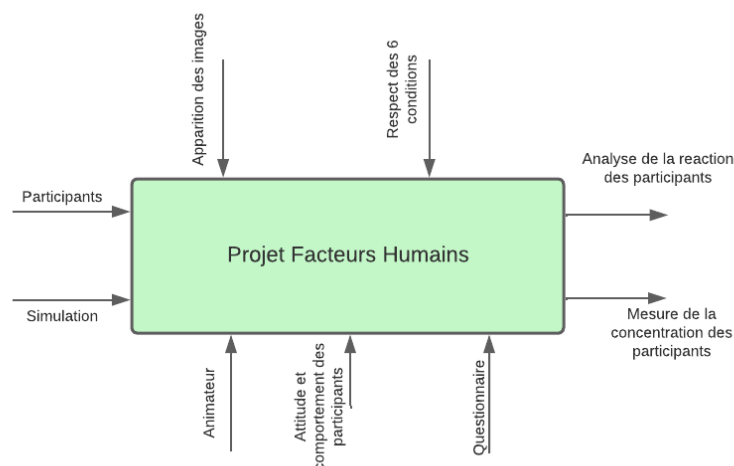


FIGURE 1.4 – Diagramme SADT A-0

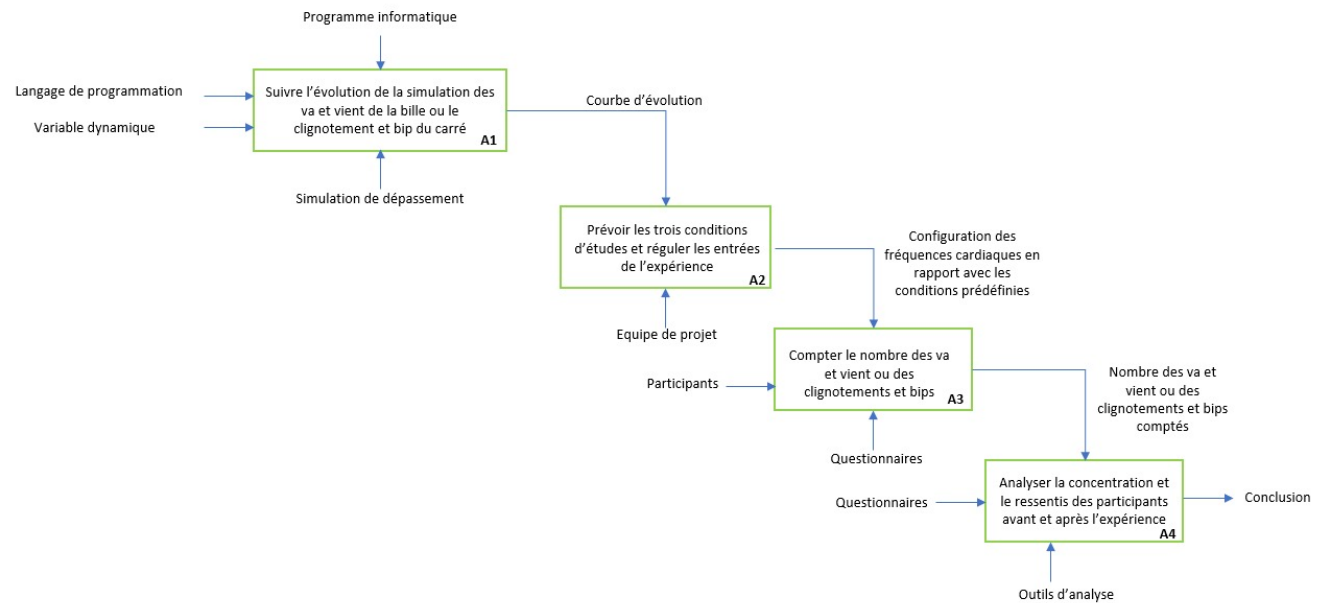


FIGURE 1.5 – Diagramme SADT des différentes étapes de notre projet

1.2.4. Modèle en cascade

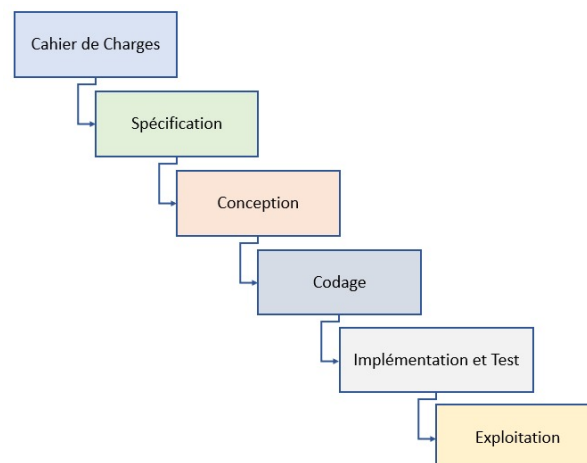


FIGURE 1.6 – Modèle en cascade

2 | Simulations

Dans ce projet, nous avons développé deux simulations interactives en utilisant le langage de programmation Python, principalement en exploitant la bibliothèque **Pygame**.

Pygame offre une gamme d'outils pour créer des applications multimédias interactives, y compris des jeux et des simulations graphiques, ce qui en fait un choix adapté pour nos besoins.

2.1. Simulation de la bille en mouvement

2.1.1. Algorithme de la simulation

L'algorithme de la simulation de la bille en mouvement est conçu pour créer une interface utilisateur graphique où une bille se déplace horizontalement à travers l'écran. Voici les étapes clés de l'algorithme :

- Créer une fenêtre graphique avec une bille et un bouton "Démarrer".
- Lorsque le bouton "Démarrer" est pressé, démarrer une minuterie pour mettre à jour la position de la bille.
- Calculer la vitesse de la bille en fonction du nombre de va-et-vient prévus et de la durée totale du mouvement.
- Changer la direction de la bille lorsqu'elle atteint les bords de l'écran.
- Utiliser des minuteries pour afficher des images fixes à des moments spécifiques pendant le mouvement de la bille.
- Arrêter la bille après la durée totale du mouvement.

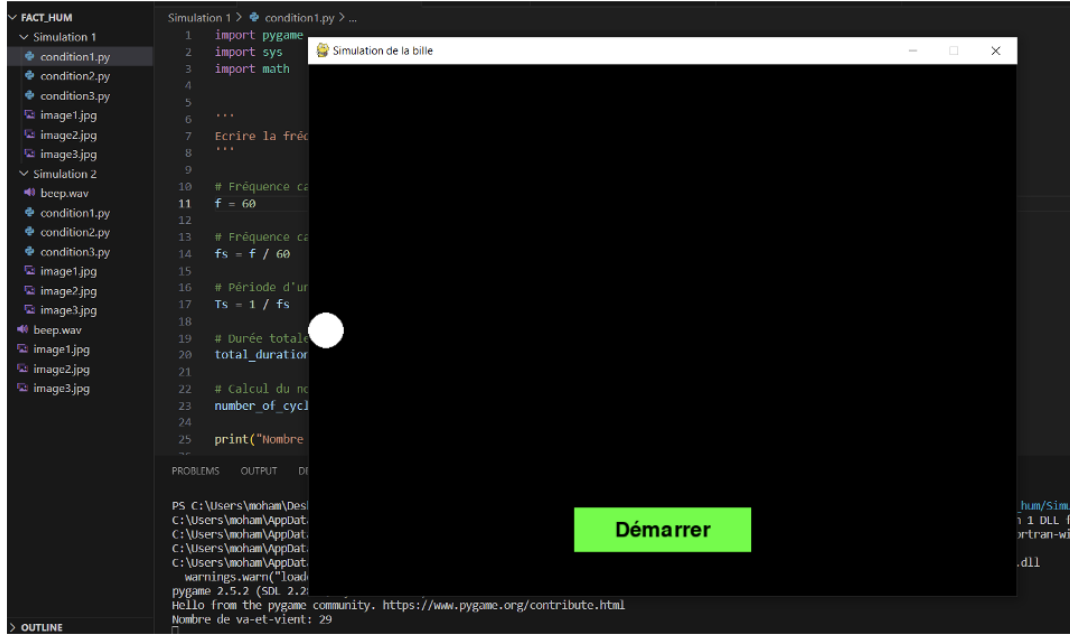


FIGURE 2.1 – Interface de démarrage pour la simulation 1

2.1.2. Explication du programme

Le programme commence par initialiser les variables nécessaires en fonction des paramètres spécifiés, notamment la fréquence cardiaque (f) en battements par minute (BPM). Cette fréquence cardiaque est ensuite convertie en fréquence par seconde (f_s) et utilisée pour calculer la période d'un va-et-vient (T_s) en secondes. La durée totale du mouvement de la balle (`total_duration`) est définie à 29 secondes.

Le nombre de va-et-vient (nombre de cycles) est calculé en divisant la durée totale de déplacement par la durée d'un va-et-vient (T_s). Cette formule mathématique est représentée comme suit :

$$\text{nombre de cycles} = \frac{\text{durée totale de déplacement}}{\text{durée d'un va-et-vient}} = \frac{29}{T_s}$$

Pour chaque condition expérimentale, le programme calcule la vitesse de la balle en fonction du nombre de va-et-vient prévus, de la taille de la fenêtre (pixels), et de la durée totale du mouvement. La formule de calcul de la vitesse (v) est donnée par :

$$v = \frac{\text{nombre de va-et-vient} \times 2 \times (\text{pixels} - 2 \times \text{ball_size})}{\text{durée totale}}$$

- Dans la condition 1 (périodique synchrone), la fréquence cardiaque (f) est déterminée après avoir mesuré la fréquence du sujet. Cette fréquence est utilisée pour calculer la vitesse de la balle selon la formule précédente.
- Dans la condition 2 (périodique asynchrone), la fréquence cardiaque (f) est fixée à 100 BPM. La vitesse de la balle est calculée de la même manière que dans la condition 1, en utilisant la fréquence fixe.
- Dans la condition 3 (apériodique synchrone), la fréquence cardiaque (f) est déterminée après avoir mesuré la fréquence du sujet, ce qui influence le nombre de va-et-vient prévus. Pour introduire de l'aléatoire et assurer l'apériodicité, la vitesse de la balle peut être ajustée en ajoutant ou soustrayant une fluctuation à la vitesse standard calculée.

$$V = V_{\text{standard}} \times (1 + \alpha)$$

Avec α un nombre aléatoire entre -0.5 et 0.5.

Cette approche mathématique garantit que la vitesse de la balle est ajustée en fonction de la fréquence cardiaque du sujet et des spécifications de chaque condition expérimentale.

Des images fixes sont affichées à des intervalles spécifiques pendant le mouvement de la balle, utilisant des minuteries pour contrôler leur affichage : La séquence d'affichage des images est la suivante : 5 secondes après l'appui sur le bouton « démarrer », afficher la première image pendant 5 secondes ; ne rien afficher pendant les 3 secondes suivantes puis afficher la deuxième image pendant 5 secondes ; enfin ne rien afficher pendant les 3 secondes qui suivent et afficher la dernière image pendant 5 secondes. La simulation se termine après 4 second. Ce qui donne en totalité 30s pour chaque simulation.

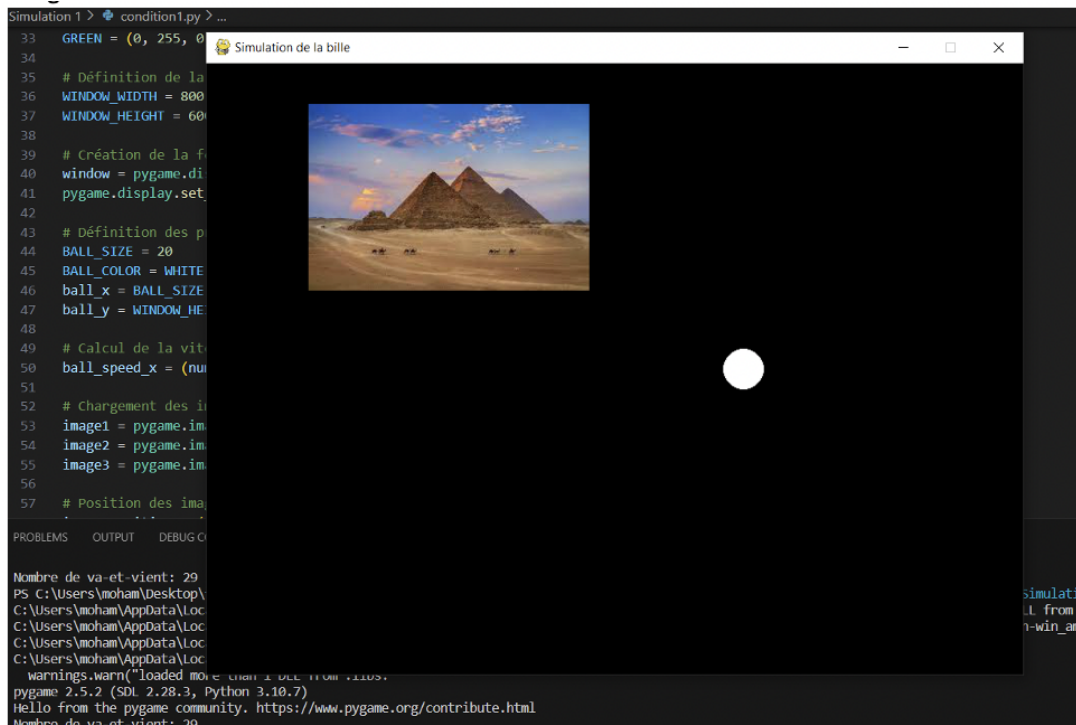


FIGURE 2.2 – Apparition d’une image dans la simulation 1

2.2. Simulation du carré clignotant et bipant

2.2.1. Algorithme de la simulation

L’algorithme de la simulation du carré clignotant et bipant vise à créer une interface utilisateur graphique présentant un carré qui clignote et émet un bip à des intervalles spécifiques. Voici les étapes clés de cet algorithme :

- Initialiser l’environnement graphique en créant une fenêtre avec un carré et un bouton "Démarrer".
- Lorsque le bouton "Démarrer" est pressé, démarrer une minuterie pour contrôler le clignotement du carré et les bips.
- Calculer le nombre de clignotements et de bips en fonction de la fréquence cardiaque du sujet.
- Définir la fréquence de clignotement et de bip en fonction du nombre de va-et-vient prévus.
- Contrôler le clignotement du carré en alternant entre l’affichage et la non-affichage à des intervalles spécifiques.
- Émettre un bip à chaque intervalle de clignotement du carré.

— Arrêter le clignotement et les bips après 29 secondes.

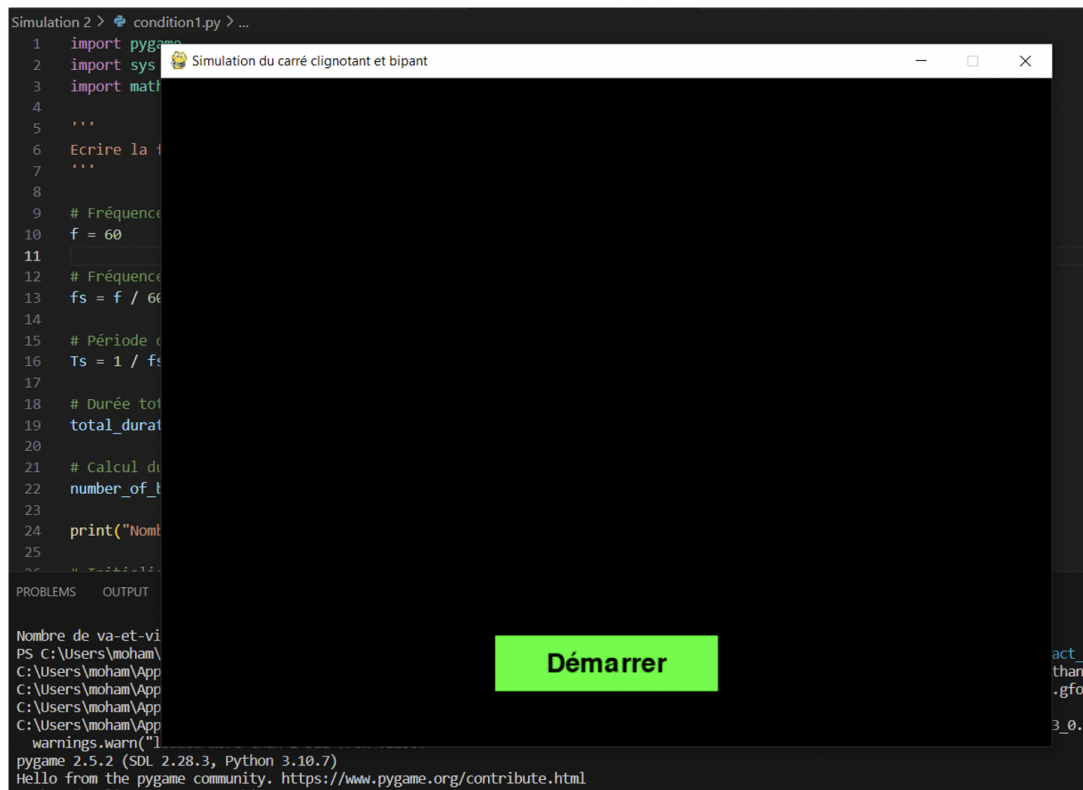


FIGURE 2.3 – Interface de démarrage pour la simulation 2

2.2.2. Explication du programme

Le programme commence par initialiser les variables nécessaires en fonction des paramètres spécifiés, notamment la fréquence cardiaque (f) en battements par minute (BPM). La fréquence cardiaque est ensuite convertie en fréquence par seconde (f_s) pour permettre le calcul de la période d'un battement en secondes (T_s).

Le nombre de va-et-vient (nombre de bips) du carré est calculé en divisant la durée totale de l'expérience par la période d'un battement (T_s). Cette formule mathématique est représentée comme suit :

$$\text{nombre de bips} = \frac{\text{durée totale de l'expérience}}{\text{Période d'un battement}} = \frac{29}{T_s}$$

Pour chaque condition expérimentale, la fréquence cardiaque (f) est utilisée pour déterminer le nombre de bips prévus. Ensuite, la fréquence de clignotement et de bip est ajustée en fonction de ce nombre.

L'interface graphique affiche un carré qui clignote à des intervalles spécifiques contrôlés par une minuterie. À chaque intervalle de clignotement, un bip est émis pour correspondre au rythme cardiaque.

- Dans la condition 1 (périodique synchrone), la fréquence cardiaque (f) est déterminée après avoir mesuré la fréquence du sujet. Cette fréquence est utilisée pour calculer les intervalles de clignotement.
- Dans la condition 2 (périodique asynchrone), la fréquence cardiaque (f) est fixée à 100 BPM. les intervalles de clignotement sont calculés de la même manière que dans la condition 1, en utilisant la fréquence fixe.
- Dans la condition 3 (apériodique synchrone), la fréquence cardiaque (f) est déterminée après avoir mesuré la fréquence du sujet, ce qui influence les intervalles de clignotement. Pour introduire de l'aléatoire et assurer l'apériodicité, les intervalles de clignotement sont ajustés en ajoutant ou soustrayant une fluctuation à l'intervalle de clignotement standard calculée.

$$T = T_{\text{standard}} \times (1 + \alpha)$$

Avec α un nombre aléatoire entre -0.5 et 0.5.

Cet algorithme garantit que le carré clignote et émet des bips à des intervalles précis en fonction de la fréquence cardiaque du sujet, permettant ainsi de simuler différentes conditions expérimentales dans notre étude.

Des images fixes sont affichées à des intervalles spécifiques pendant le mouvement de la balle, utilisant des minuteries pour contrôler leur affichage : La séquence d'affichage des images est la suivante : 5 secondes après l'appui sur le bouton « démarrer », afficher la première image pendant 5 secondes ; ne rien afficher pendant les 3 secondes suivantes puis afficher la deuxième image pendant 5 secondes ; enfin ne rien afficher pendant les 3 secondes qui suivent et afficher la dernière image pendant 5 secondes. La simulation se termine après 4 second. Ce qui donne en totalité 30s pour chaque simulation.

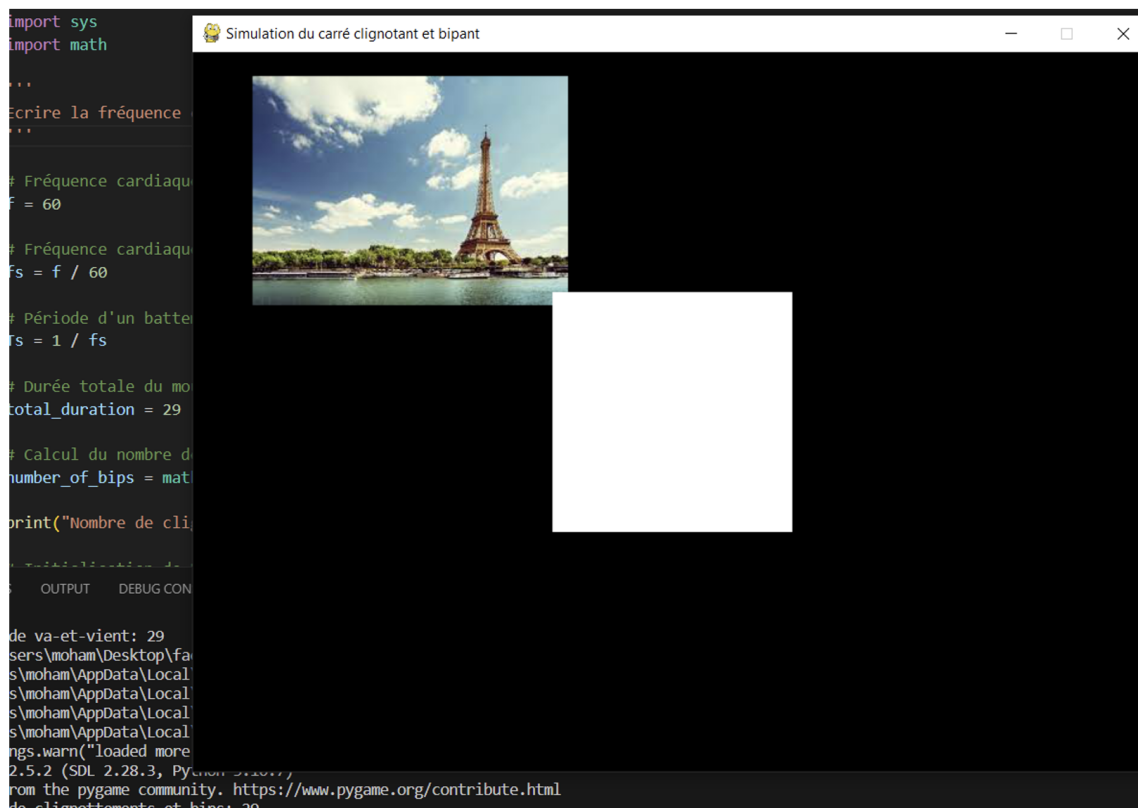


FIGURE 2.4 – Apparition d’une image dans la simulation 2

2.3. Image utilisées pendant la simulation



FIGURE 2.5 – Image utilisées pendant la simulation

3 | Description du protocole expérimental

Notre équipe a conduit un protocole expérimental comprenant trois conditions distinctes sur 2 simulations différentes, chacune impliquant un groupe spécifique de participants, avec un minimum de 20 individus dans chaque condition. D'où nous avons eu six groupes qui ont été répartis de la manière suivante :

- **Groupe 1 : Bille en mouvement périodique et synchrone** : pour lequel les va-et-vient sont synchronisés en temps-réel avec la fréquence cardiaque du participant
- **Groupe 2 : Carré clignotant et bipant périodique et synchrone** : pour lequel les clignotements et bips sont synchronisés en temps-réel avec la fréquence cardiaque du participant
- **Groupe 3 : Bille en mouvement périodique et asynchrone** : pour lequel la fréquence cardiaque utilisée sera de 100 BPM., en vérifiant que les sujets n'ont pas cette valeur de fréquence cardiaque.
- **Groupe 4 : Carré clignotant et bipant périodique et asynchrone** : pour lequel la fréquence cardiaque utilisée sera de 100 BPM., en vérifiant que les sujets n'ont pas cette valeur de fréquence cardiaque.
- **Groupe 5 : Bille en mouvement apériodique et synchrone** : pour lequel le nombre de va-et-vient est basé sur la fréquence cardiaque du sujet mais les va-et-vients sont aléatoires, i.e. ne sont plus périodiques.
- **Groupe 6 : Carré clignotant et bipant apériodique et synchrone** : pour lequel le nombre de clignotements et bips est basé sur la fréquence cardiaque du sujet mais les clignotements et bips sont aléatoires, i.e. ne sont plus périodiques.

3.1. Protocole expérimental

L'expérience démarre avec les participants activant un bouton de démarrage, déclenchant le mouvement de la balle ou le début du clignotement du carré après 1 seconde. Pendant les 29 secondes suivantes, les participants comptent les mouvements oscillatoires ou le

nombre des clignotements et bips, conformément aux conditions spécifiques. Trois images fixes apparaissent simultanément sans masquer le mouvement de la balle ou le carré à l'écran. À la fin, le nombre d'aller-retours ou des clignotements dénombré est enregistré, ainsi que les impressions des participants sur leur performance de dénombrement. Des questions portant sur la reconnaissance des images sont posées, avec consignation des réponses pour une analyse ultérieure.

En général, la fréquence cardiaque au repos varie entre 60 et 80 battements par minute. Dans la deuxième condition expérimentale, nous avons délibérément présenté 43 cycles, correspondant à une fréquence cardiaque de 100 BTM.

En ce qui concerne les visuels, nous avons exposé trois images distinctes. La première représentait des pyramides, la seconde un cheval, et la troisième, nécessitant une attention particulière, dépeignait la Tour Eiffel.

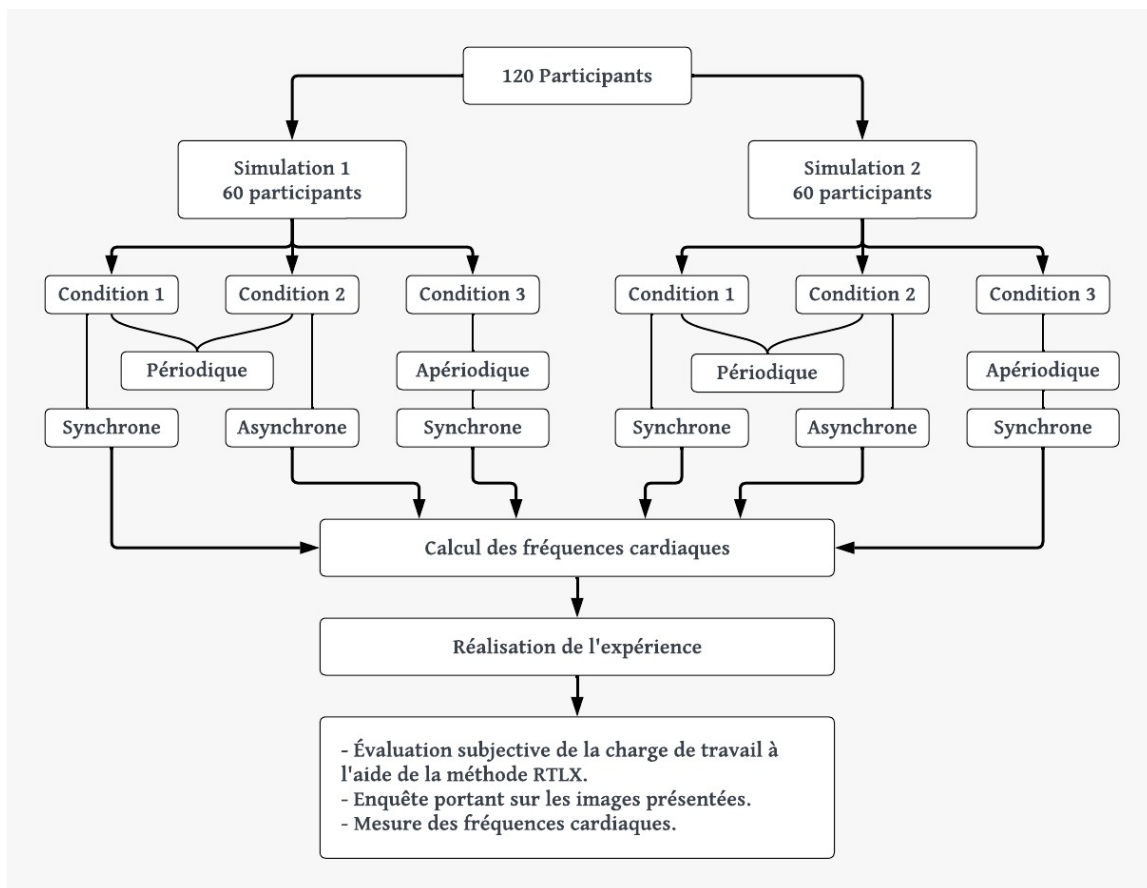


FIGURE 3.1 – Protocole expérimental

3.2. Mesure de la fréquence cardiaque

Nous avons utilisé l'application mobile "Cardiograph" pour mesurer la fréquence cardiaque des sujets.

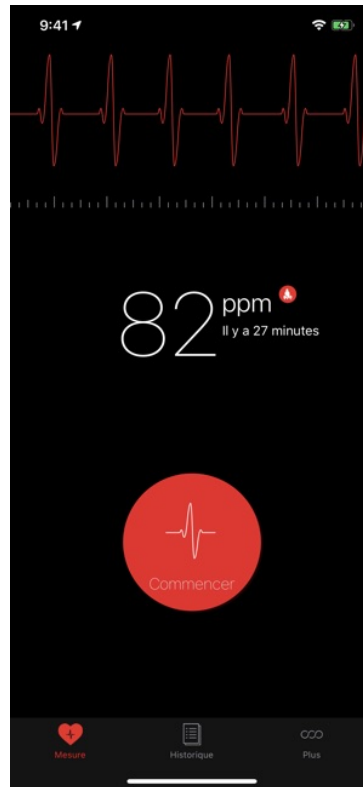


FIGURE 3.2 – Mesure de la fréquence cardiaque avec l'application Cardiograph

Après avoir mesuré la fréquence cardiaque du sujet, nous avons demandé aux participants de compter le nombre de va-et-vient de la balle ou le nombre de clignotements et bips du carré, que nous ajusterons ensuite avec une fréquence précise correspondant au cas étudié. Au cours de l'expérience, les trois images distinctes seront présentées à des moments spécifiques, chacune pendant une durée constante de 5 secondes. La première image apparaît 5 secondes après le début de l'expérience, suivie de la deuxième image, et enfin la dernière. Les temps d'affichage des différentes images seront espacés de trois secondes.

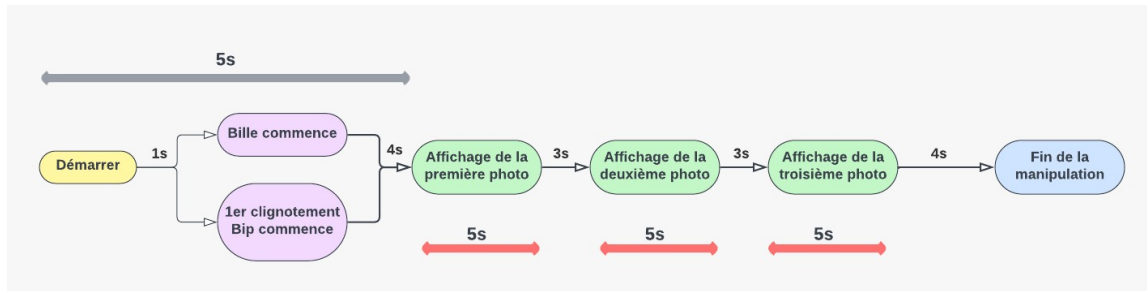


FIGURE 3.3 – Illustration des étapes de l'expérience

3.3. Questions posées de l'évaluation de charge de travail

Afin de faire une analyse subjective de la charge de travail, nous avons demandé aux participants de répondre au questionnaire RTLX :

Exigences	Questions posées	Echelle
Exigences mentales	La tâche était-elle facile ou exigeante, simple ou complexe	0 à 10
Exigences physiques	Combien d'effort physique cette expérience vous a prise.	0 à 10
Exigences temporelles	Quelle pression de temps avez-vous ressentie pour effectuer la tâche ?	0 à 10
Effort	À quel point avez-vous dû travailler lors de l'expérience.	0 à 10
Niveau de frustration	Niveau d'insécurité, de découragement, de stress et d'agacement par rapport au contenu, à la détente.	0 à 10
Auto-évaluation de la performance	Dans quelle mesure vous êtes-vous senti satisfait(e) de votre performance.	0 à 10

TABLE 3.1 – Questions brutes modifiées de l'indice de charge de travail de la NASA et de l'échelle d'évaluation

4 | Résultats et Discussions

Dans cette partie, nous allons analyser différents résultats obtenues dans les manipulations effectués sur les 6 groupes en fonction des conditions de chaque manipulation.

Nous commençons par la première condition périodique et synchrone, puis la condition périodique et asynchrone et finalement la condition apériodique et synchrone.

4.1. Cas 1 : Condition périodique et synchrone

Dans le cadre de notre étude, nous débuterons par la condition périodique et synchrone, où les mouvements de la bille ou les clignotements et bips seraient harmonisés avec les battements cardiaques du participant. Ainsi, chaque déplacement de la bille ou chaque clignotement et bip serait en corrélation avec le rythme cardiaque de l'individu.

4.1.1. Simulation avec la bille en mouvement

Après une sélection méticuleuse de 20 participants. Nous avons minutieusement mesuré la fréquence cardiaque des participants à l'aide de l'application Cardiograph. En appliquant ensuite la formule spécifiée, nous avons traduit ces données en nombre de va-et-vient.

Les résultats sur le décompte des va-et-vient de la bille et la détection des perturbations sont les suivants :

Le numéro de la personne	Le nombre de va-et-vient calculé	Le nombre de va-et-vient réel	Détection du contenu de l'image 1	Détection du contenu de l'image 2	Détection du contenu de l'image 3
1	40	41	Oui	Oui	Non
2	32	34	Oui	Non	Oui
3	35	38	Non	Oui	Oui
4	35	36	Oui	Oui	Oui
5	40	42	Oui	Non	Oui
6	36	39	Oui	Oui	Oui
7	34	35	Oui	Oui	Non
8	41	43	Oui	Oui	Oui
9	37	40	Oui	Non	Oui
10	36	37	Oui	Oui	Oui
11	40	42	Oui	Oui	Oui
12	35	36	Oui	Oui	Oui
13	37	39	Oui	Non	Oui
14	32	35	Non	Oui	Oui
15	39	40	Oui	Oui	Oui
16	37	39	Non	Oui	Oui
17	35	37	Oui	Oui	Oui
18	42	43	Non	Oui	Oui
19	35	36	Oui	Oui	Oui
20	40	41	Non	Oui	Oui

FIGURE 4.1 – Résultats du groupe 1

Les résultats ont révélé une concordance exceptionnelle entre les valeurs obtenues par le calcul et celles observées empiriquement. Cette cohérence souligne la robustesse de notre méthode de conversion, garantissant ainsi une marge d'erreur négligeable dans nos estimations.

Pour approfondir notre analyse, nous avons opté pour une représentation visuelle des résultats selon les formats suivants :

On commence par les résultats de la détection du contenu des images

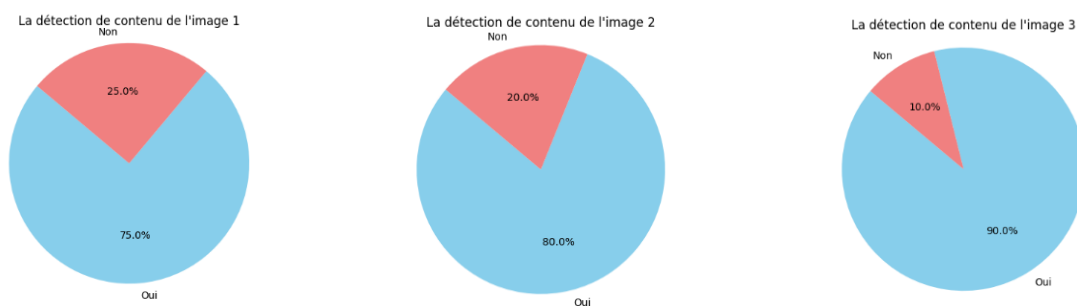


FIGURE 4.2 – Détection du contenu des images pour le groupe 1

Dans un premier temps, il est observé que les participants ont pu discerner le contenu des images dans un ordre progressif. La première image a été identifiée par 75% des

participants, indiquant ainsi que 15 individus ont correctement saisi son contenu. Ce pourcentage s'améliore avec la deuxième image, avec une reconnaissance de 80% par les participants. Enfin, une performance notable est observée lors de la troisième image, avec une réussite de 95% des participants. Ces résultats soulignent la capacité des participants à interpréter efficacement le contenu visuel présenté, démontrant ainsi une progression significative dans la reconnaissance des images au fil de l'expérience.

Ensuite, nous présentons l'amélioration de la détection des perturbations à travers un graphique illustratif.

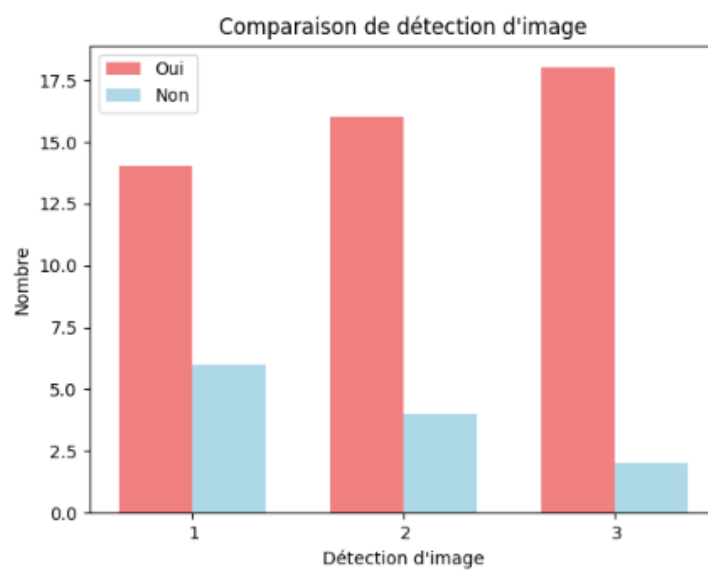


FIGURE 4.3 – Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 1

Le graphique ci-joint illustre la corrélation entre les valeurs calculées et les valeurs réelles des va-et-vient avec une légère marge d'erreur est observée.

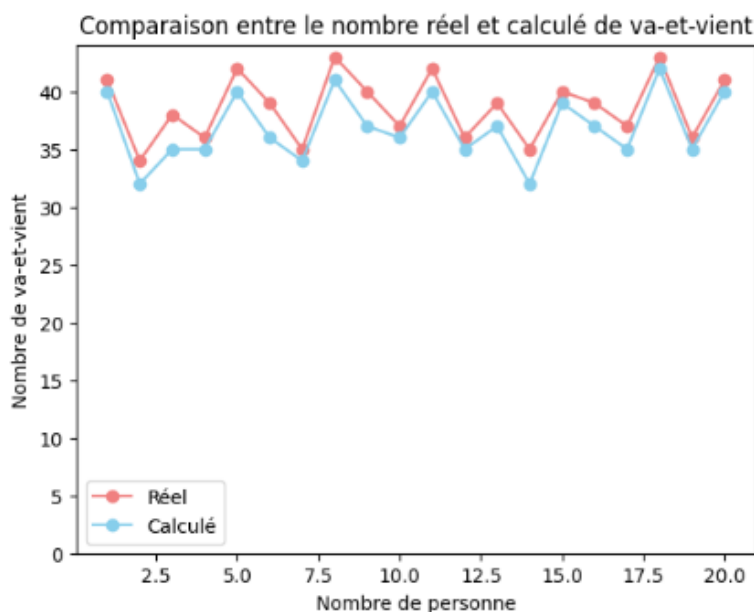


FIGURE 4.4 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient (Groupe 1)

Nous pouvons en conclure que la synchronisation avec les battements de cœur s'est avérée être une méthode adéquate, ce qui nous a permis d'assurer des résultats satisfaisants.

4.1.2. Carré clignotant et bipant

Passons maintenant à la deuxième simulation, qui vise à faire clignoter et émettre un bip d'un carré de 10 cm x 10 cm. Nous avons également constitué un nouvel échantillon de participants. De même que précédemment, nous avons calculé manuellement le nombre de clignotements et de bips à l'aide des formules appropriées. Voici les résultats concernant le décompte du nombre de clignotements et de bips ainsi que la détection des perturbations :

Le numéro de la personne	Le nombre de clignotements et bips calculés	Le nombre de clignotements et bips réels	Détection du contenu de l'image 1	Détection du contenu de l'image 2	Détection du contenu de l'image 3
1	37	37	Oui	Oui	Non
2	39	40	Oui	Oui	Oui
3	43	43	Non	Oui	Oui
4	37	37	Oui	Oui	Oui
5	39	39	Oui	Non	Oui
6	34	34	Oui	Oui	Oui
7	40	42	Oui	Oui	Oui
8	34	35	Oui	Non	Oui
9	38	38	Oui	Oui	Oui
10	41	41	Oui	Oui	Oui
11	33	34	Non	Oui	Oui
12	41	42	Oui	Oui	Oui
13	37	38	Oui	Oui	Oui
14	36	36	Non	Oui	Oui
15	39	39	Oui	Oui	Oui
16	40	41	Non	Non	Oui
17	33	35	Oui	Oui	Oui
18	40	40	Oui	Oui	Oui
19	35	36	Oui	Oui	Oui
20	42	43	Oui	Oui	Oui

FIGURE 4.5 – Résultats du groupe 2

Selon les données présentées dans le tableau, une amélioration significative est observée dans le décompte des clignotements. Les valeurs de clignotements affichent une augmentation notable par rapport aux valeurs obtenues pour les va-et-vient de la bille.

Les résultats de la détection du contenu des images sont présentés de la manière suivante :

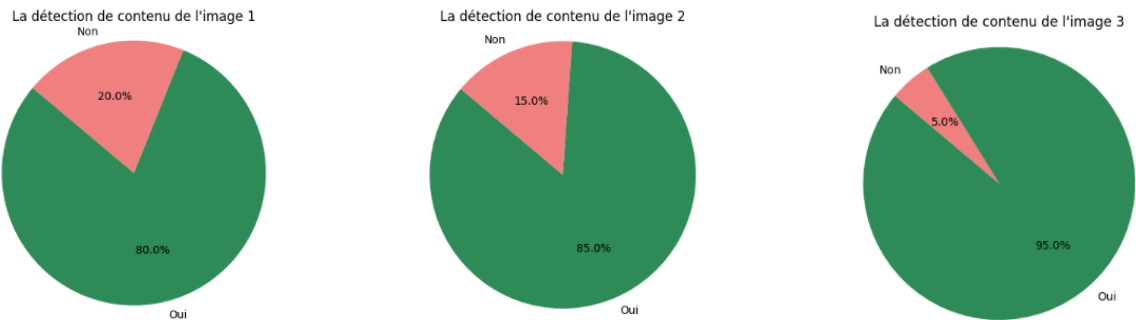


FIGURE 4.6 – Détection du contenu des images du groupe 2

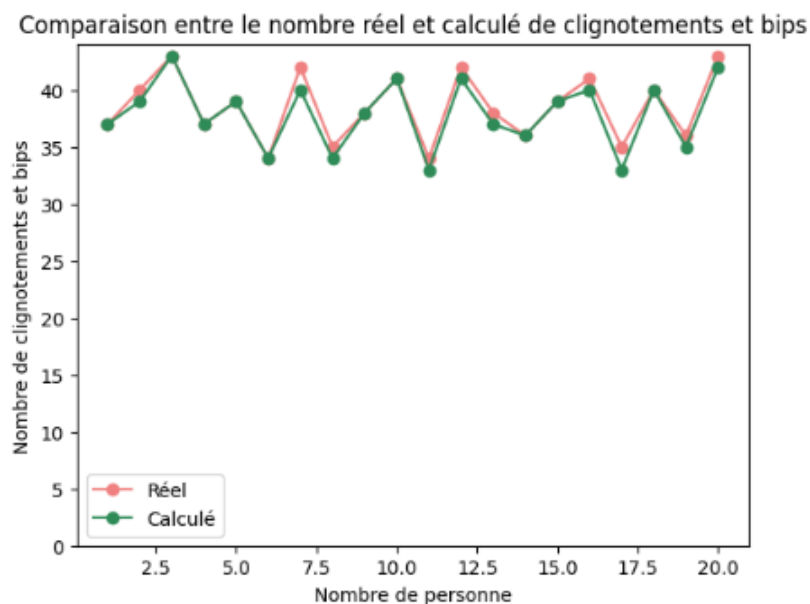


FIGURE 4.7 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (Groupe 2)

Selon le graphe, il est clairement observable que les deux fonctions sont presque superposées, ce qui indique une corrélation étroite entre elles. De plus, une augmentation du nombre de participants est notée, passant de 16 personnes capables de visualiser le contenu de la première image à 19 personnes pour la troisième.

4.1.3. Conclusion du 1er cas

En conclusion, nous déduisons que le cas périodique synchrone avec clignotements et bips s'avère être le plus efficace. Dans ce scénario, les participants peuvent se concentrer simultanément sur le décompte des événements et détecter les éléments perturbateurs, démontrant ainsi une meilleure performance globale.

L'augmentation dans la deuxième méthode, où l'on utilise à la fois le clignotement et le bip, est attribuable à l'utilisation simultanée de deux sens, à savoir la vue et l'ouïe. L'écoute du son du bip facilite la tâche de calcul, tandis qu'il n'est pas nécessaire de suivre le va-et-vient de la bille en attendant que le carré clignote. Toutes ces observations justifient que la précision de la deuxième méthode est supérieure à celle de la première.

4.2. Cas 2 : Condition périodique et asynchrone

Dans cette deuxième condition périodique et asynchrone, les mesures seront prises de manière indépendante des fréquences cardiaques des participants. Cependant, pour uniformiser les conditions expérimentales, une fréquence cardiaque fixe de 100 BPM a été choisie comme référence.

4.2.1. Simulation avec la bille en mouvement

L'expérience est menée sur 20 personnes et les résultats sur le décompte des va-et-vients de la bille et la détection des perturbations sont les suivants :

Le numéro de la personne	Le nombre de va-et-vient calculée	Le nombre de va-et-vient réel	Détection du contenu de l'image 1	Détection du contenu de l'image 2	Détection du contenu de l'image 3
1	41	43	Oui	Oui	Non
2	42	43	Oui	Non	Oui
3	39	43	Non	Non	Oui
4	38	43	Non	Oui	Oui
5	41	43	Non	Non	Oui
6	41	43	Oui	Oui	Oui
7	36	43	Non	Oui	Non
8	37	43	Non	Non	Oui
9	36	43	Non	Non	Oui
10	42	43	Oui	Oui	Oui
11	38	43	Non	Non	Non
12	41	43	Oui	Oui	Oui
13	39	43	Non	Non	Oui
14	35	43	Non	Oui	Oui
15	40	43	Oui	Oui	Oui
16	35	43	Non	Non	Oui
17	40	43	Non	Oui	Oui
18	39	43	Non	Oui	Oui
19	40	43	Non	Non	Oui
20	38	43	Non	Oui	Oui

FIGURE 4.8 – Résultats du groupe 3

Les résultats de la détection du contenu des images sont représentés à l'aide des graphiques suivants :

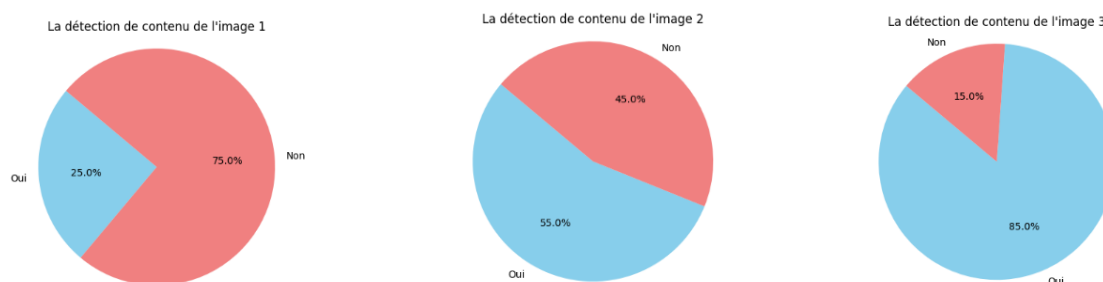


FIGURE 4.9 – Détection du contenu des images pour le groupe 3

Il est observé une importante marge d'erreur dans les calculs, avec une diminution significative du nombre de personnes qui n'ont pas détecté les éléments perturbateurs, passant de 15 à 4.

Nous procédons ensuite à la visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations à travers un graphique illustratif.

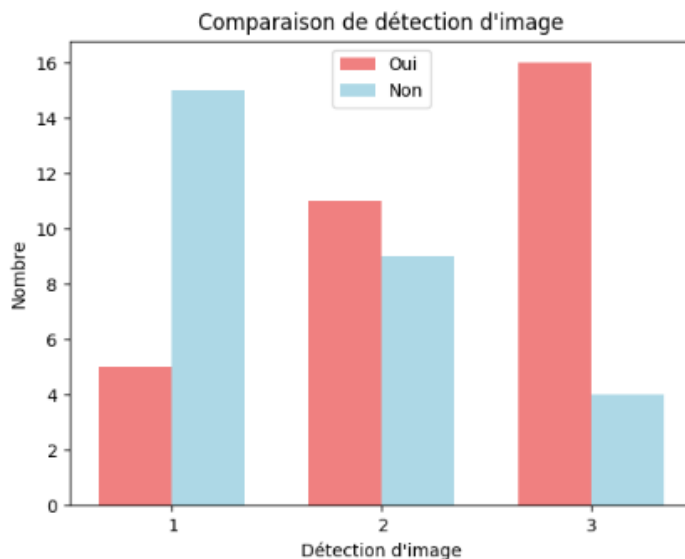


FIGURE 4.10 – Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 3

Sous l'effet de la deuxième condition asynchrone avec une fréquence de 100 BPM, une analyse des valeurs calculées révèle une variation par rapport à la valeur réelle de 43. Bien que ces valeurs présentent une certaine variabilité autour de cette référence, la plupart

démontrent une légère divergence par rapport à la valeur réelle. Ceci suggère une marge d'erreur modeste dans les prévisions par rapport aux données réelles.

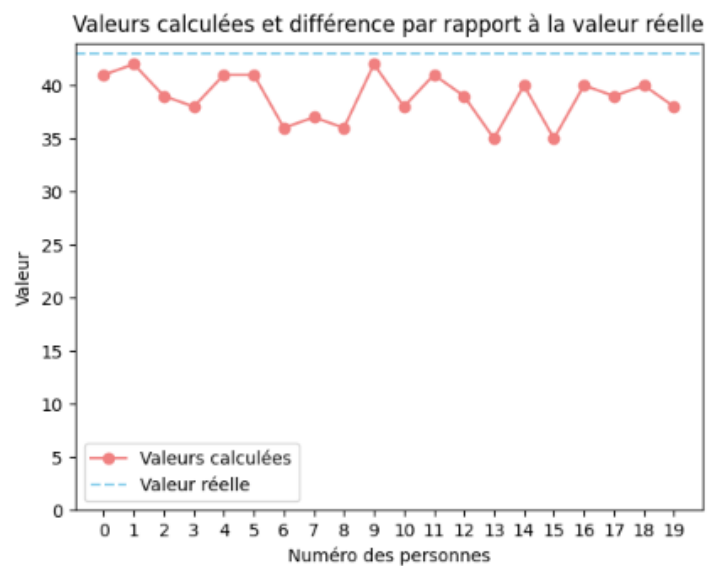


FIGURE 4.11 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient(groupe 3)

Le graphe indique que la majorité des valeurs des va et vient sont plus éloignées de la valeur réelle des va-et-vient, avec une valeur minimale de 35.

4.2.2. Carré clignotant et bipant

Le quatrième groupe, composé de 20 individus, a enregistré les données relatives au décompte des clignotements et des bips, ainsi que la détection des perturbations. Ces résultats ont été consignés dans un tableau comme suit :

Le numéro de la personne	Le nombre de clignotements et bips calculée	Le nombre de clignotements et bips réel	Détection de l'image 1	Détection de l'image 2	Détection de l'image 3
1	43	43	Non	Non	Oui
2	42	43	Non	Non	Oui
3	39	43	Oui	Non	Oui
4	38	43	Oui	Oui	Non
5	41	43	Non	Non	Oui
6	41	43	Non	Oui	Oui
7	40	43	Oui	Oui	Oui
8	43	43	Non	Oui	Non
9	41	43	Non	Non	Oui
10	42	43	Non	Oui	Oui
11	42	43	Oui	Oui	Oui
12	41	43	Oui	Oui	Oui
13	40	43	Non	Non	Oui
14	43	43	Non	Oui	Oui
15	40	43	Oui	Oui	Oui
16	41	43	Oui	Non	Oui
17	40	43	Non	Oui	Oui
18	39	43	Oui	Oui	Oui
19	40	43	Non	Non	Oui
20	43	43	Non	Non	Oui

FIGURE 4.12 – Résultats du groupe 4

Les graphiques ci-dessous révèlent une marge d'erreur significative dans la détection des images. Par exemple, dans le cas de la deuxième image, il est clair qu'un pourcentage élevé, soit 45%, des participants n'ont pas détecté les images, ce qui constitue un chiffre considérable.

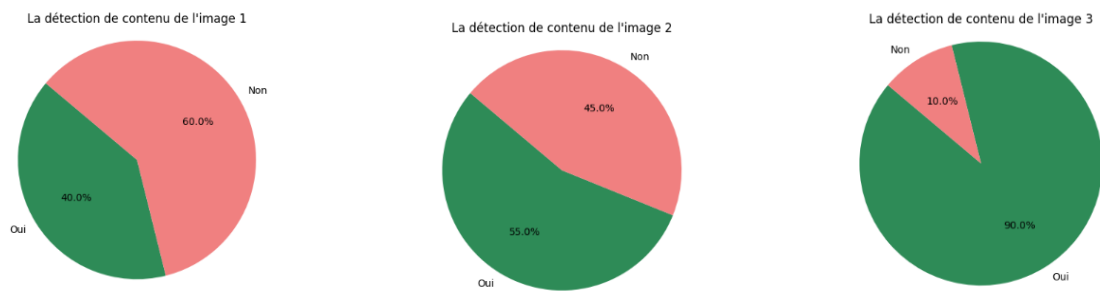


FIGURE 4.13 – Détection du contenu des images du groupe 4

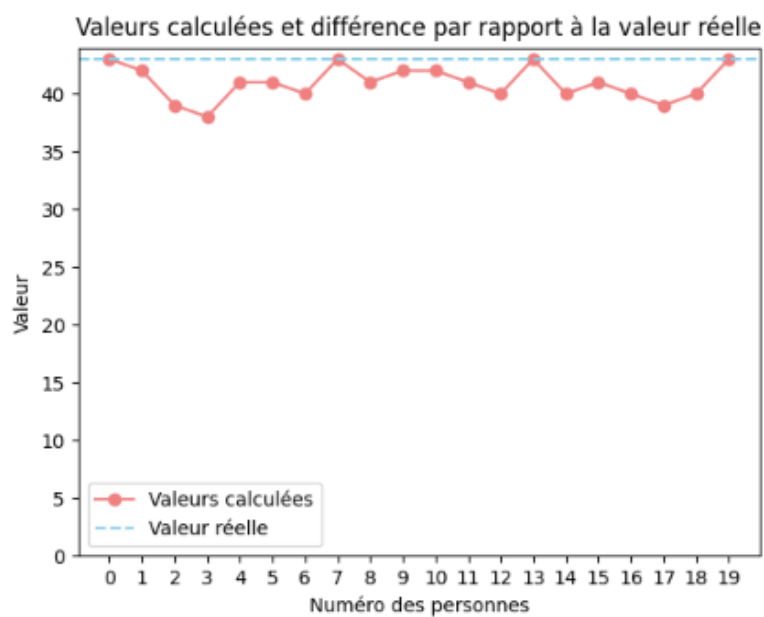


FIGURE 4.14 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (group 4)

Il est observé que les valeurs de clignotements et de bips s'approchent de 43 dans la plupart des cas, et dans certains cas, ces valeurs sont confondues. De plus, la valeur minimale a augmenté de 35 à 38.

4.2.3. Conclusion du 2ème cas

Il est observé que lorsque l'attention de la personne est entièrement focalisée sur le compte, une précision accrue est obtenue dans le décompte, mais cela entraîne une négligence des éléments perturbateurs. Cela se traduit par une précision réduite dans la détection du contenu des images.

4.3. Cas 3 : Condition apériodique et synchrone

Dans la condition apériodique et synchrone, l'objectif est d'introduire une variabilité dans les va-et-vient de la bille ou les clignotements et bips tout en les synchronisant avec la fréquence cardiaque du participant. Contrairement aux conditions périodiques, où les actions sont régulières, ici, les mouvements de la bille ou les clignotements et bips suivent un schéma aléatoire, mais toujours en corrélation avec le rythme cardiaque du sujet

4.3.1. Simulation avec la bille en mouvement

L'expérience est menée sur 20 personnes et les résultats sur le décompte des va-et-vients de la bille et la détection des perturbations sont les suivants :

Le numéro de la personne	Le nombre de va-et-vient réel	Le nombre de va-et-vient compté	Détection du contenu de l'image 1	Détection du contenu de l'image 2	Détection du contenu de l'image 3
1	32	28	Oui	Oui	Non
2	38	25	Non	Non	Non
3	42	31	Non	Non	Oui
4	32	30	Non	Oui	Oui
5	38	28	Non	Non	Oui
6	36	30	Non	Oui	Oui
7	43	33	Non	Non	Non
8	38	32	Non	Non	Oui
9	37	28	Non	Non	Oui
10	35	29	Oui	Oui	Non
11	31	24	Non	Non	Non
12	32	25	Oui	Oui	Oui
13	44	31	Non	Non	Oui
14	45	40	Non	Oui	Oui
15	43	34	Non	Oui	Non
16	32	30	Non	Non	Oui
17	30	25	Non	Oui	Oui
18	39	24	Non	Oui	Oui
19	35	25	Non	Non	Oui
20	31	24	Non	Non	Oui

FIGURE 4.15 – Résultats du groupe 5

Concernant la détection du contenu des images on a :

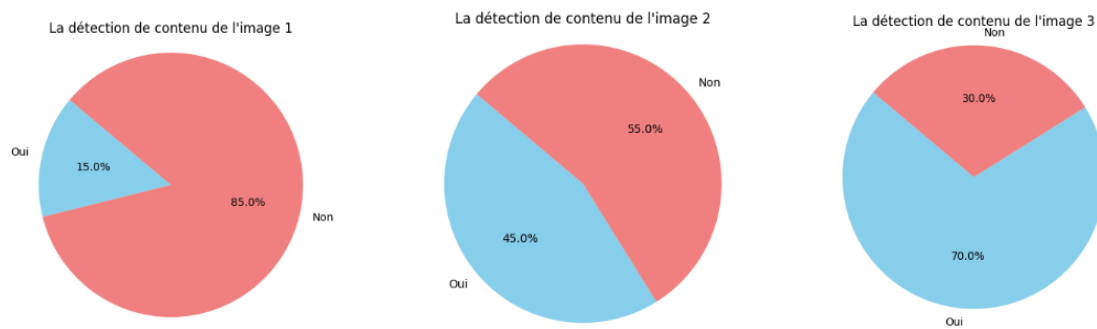


FIGURE 4.16 – Détection du contenu des images pour le groupe 5

+ Dans ce cas, seule une minorité de participants ont réussi à détecter les images. Seulement 15% des participants ont détecté la première image, tandis que ce chiffre monte à 45% pour la deuxième image. Enfin, la troisième image a été détectée par 70% des participants.

Nous procédons ensuite à la visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations à travers un graphique illustratif.

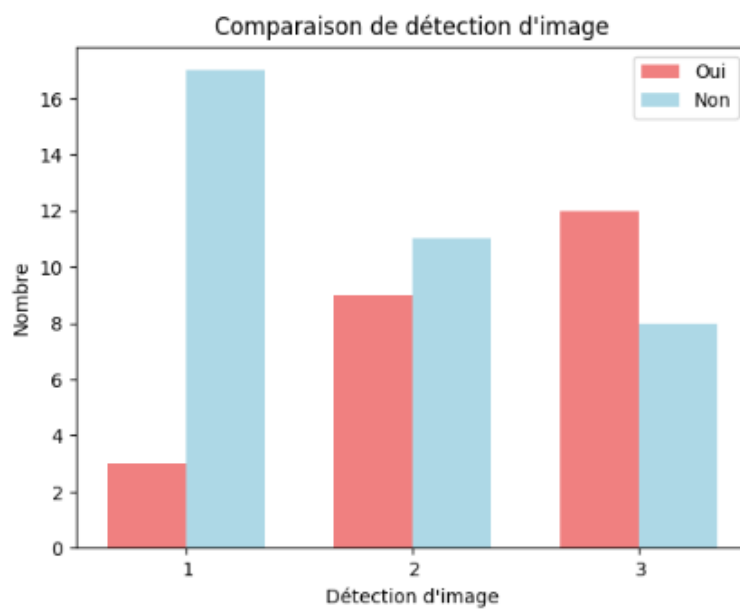


FIGURE 4.17 – Visualisation de l'amélioration de la détection des perturbations pour le groupe 5

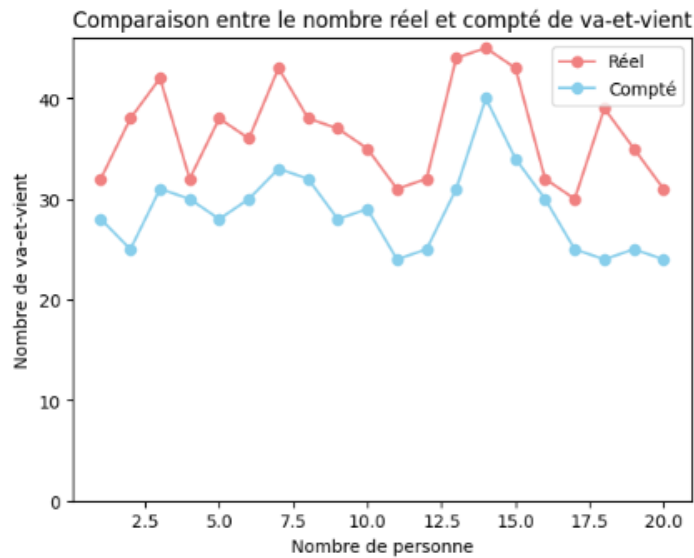


FIGURE 4.18 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des va-et-vient (groupe 5)

4.3.2. Carré clignotant et bipant

L'expérience est menée sur 20 personnes et les résultats sur le décompte du nombre de clignotements et de bips et la détection des perturbations sont les suivants :

Le numéro de la personne	Le nombre de clignotements et bips réel	Le nombre de va-et-vient compté	Détection du contenu de l'image 1	Détection du contenu de l'image 2	Détection du contenu de l'image 3
1	35	29	Oui	Oui	Non
2	32	28	Non	Non	Non
3	39	30	Non	Non	Oui
4	32	29	Non	Oui	Oui
5	38	31	Non	Non	Oui
6	45	30	Non	Oui	Oui
7	43	33	Non	Non	Oui
8	38	32	Non	Non	Oui
9	37	31	Non	Non	Oui
10	35	28	Oui	Oui	Non
11	31	25	Non	Non	Non
12	30	25	Oui	Oui	Oui
13	44	31	Oui	Non	Oui
14	36	30	Non	Oui	Oui
15	43	34	Non	Oui	Oui
16	42	36	Non	Oui	Oui
17	32	28	Non	Oui	Oui
18	39	26	Non	Oui	Oui
19	38	25	Non	Non	Oui
20	31	24	Non	Non	Oui

FIGURE 4.19 – Résultats du groupe 6

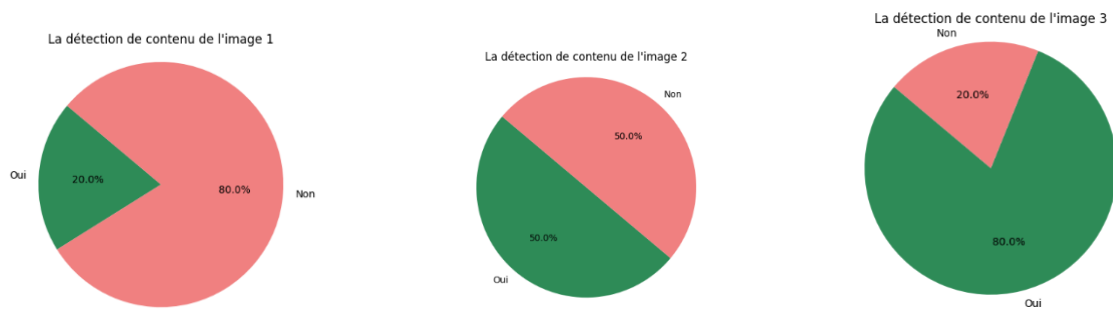


FIGURE 4.20 – Détection du contenu des images du groupe 6

On représente les courbes de comparaison du nombre de clignotements et bips par suit :

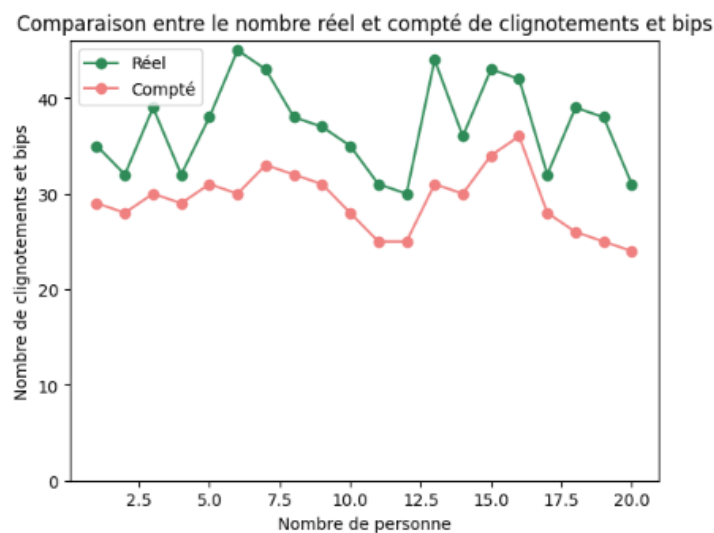


FIGURE 4.21 – Visualisation des valeurs calculées par rapport à la valeur réelle pour le cas des clignotements et bips (groupe 6)

Nos résultats montrent que 20% des participants ont réussi à détecter le contenu de la première image, tandis que ce chiffre s'élève à 50% pour la deuxième image. Pour la troisième image, 80% des participants ont réussi à détecter son contenu.

4.4. Comparaison globale

Après une analyse minutieuse des résultats obtenus à travers les différentes conditions expérimentales, il apparaît clairement que la première condition, caractérisée par une synchronisation synchrone et périodique, se démarque nettement comme étant le choix le plus judicieux. Cette conclusion découle de plusieurs observations significatives. Tout d'abord, cette condition a démontré une précision exceptionnelle dans le décompte des

événements, même en présence d'éléments perturbateurs tels que les trois images à détecter. Les participants ont réussi à maintenir un équilibre délicat entre le décompte des événements et la visualisation du contenu des images, ce qui témoigne de leur capacité à gérer efficacement des tâches multiples et complexes.

En revanche, les résultats obtenus dans les conditions synchrone et apériodique ont révélé une précision moindre dans le décompte des événements. Les valeurs calculées étaient souvent très éloignées des valeurs réelles, ce qui suggère une difficulté accrue pour les participants à effectuer avec précision leurs comptes dans des situations où les événements ne suivaient pas un schéma périodique synchronisé avec leur fréquence cardiaque.

Une observation particulièrement intéressante est que la deuxième simulation, impliquant le clignotement et les bips, a produit les meilleurs résultats en termes de précision de calcul. Cette amélioration de la performance peut être attribuée au fait que les participants ont eu recours à plusieurs sens pour effectuer le décompte. En utilisant à la fois l'ouïe et la vue, ils ont pu percevoir les événements de manière plus complète, ce qui a probablement facilité la tâche et conduit à des valeurs plus précises. Concrètement, le fait d'entendre un bip à chaque clignotement a pu servir de repère supplémentaire, renforçant ainsi la cohérence et l'exactitude des comptes réalisés.

Ces observations mettent en lumière l'importance de prendre en compte les différentes modalités sensorielles et la synchronisation temporelle dans la conception d'expériences interactives. En intégrant de manière appropriée ces aspects, il est possible d'optimiser la précision et l'efficacité des tâches réalisées par les utilisateurs, tout en offrant une expérience utilisateur plus fluide et plus engageante.

5 | Analyse statistique des résultats

5.1. Fréquence cardiaque

Afin de mener une analyse statistique, la fréquence cardiaque des participants a été mesurée avant et après les expériences des deux différentes simulations selon les 3 conditions. Cela nous permet d'avoir une idée sur leur niveau de stress et ainsi d'analyser son influence sur les résultats de l'expérience.

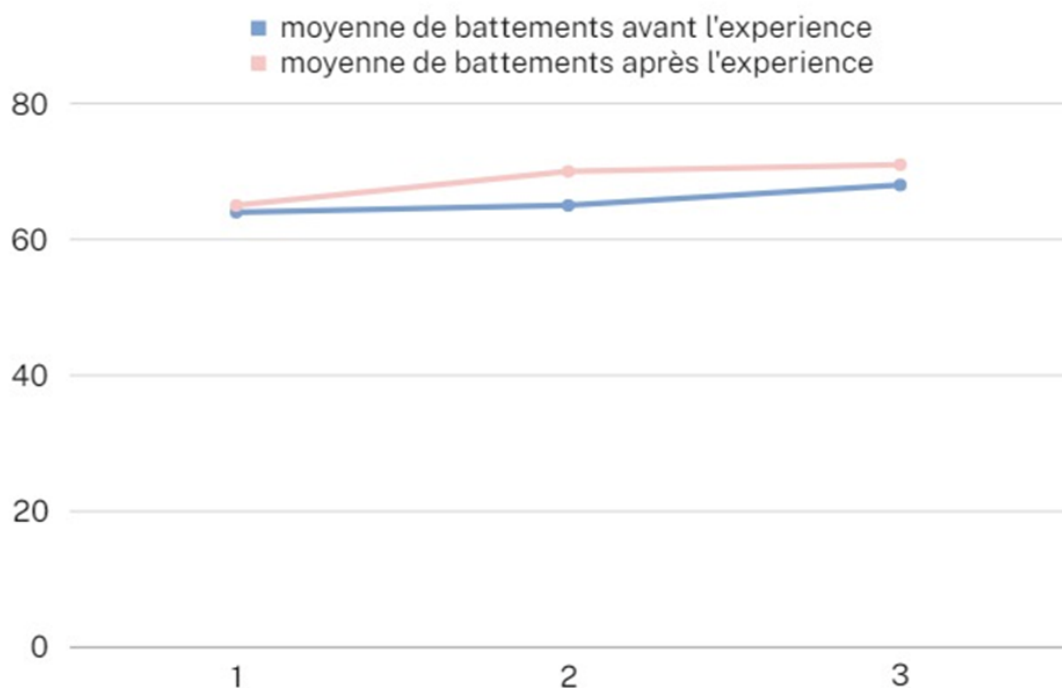


FIGURE 5.1 – Fréquence cardiaque avant/après pour la simulation 1

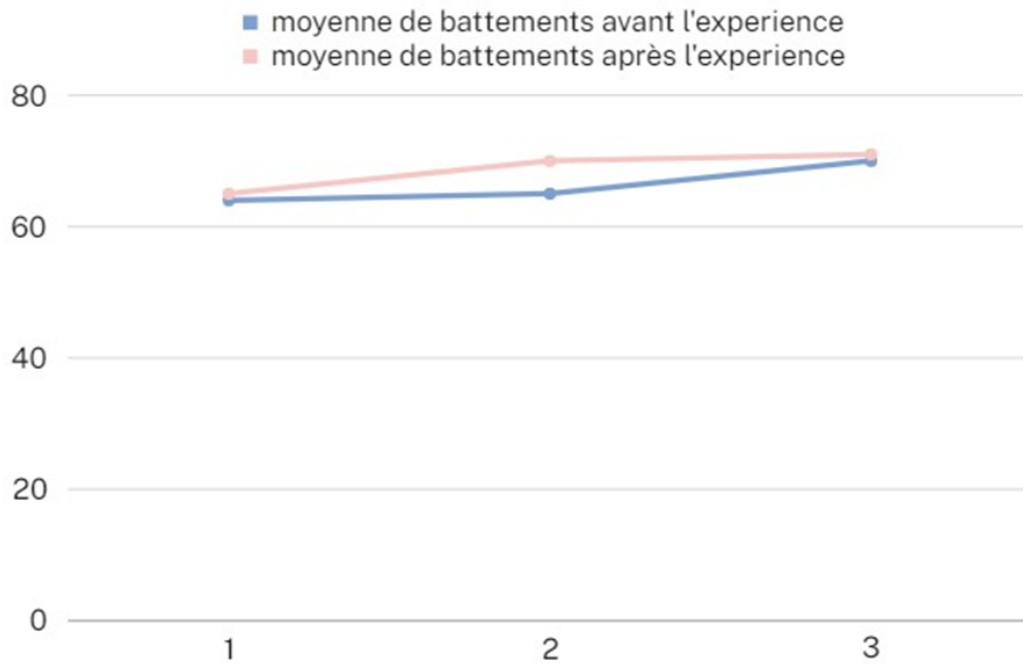


FIGURE 5.2 – Fréquence cardiaque avant/après pour la simulation 2

En analysant la fréquence cardiaque des participants avant et après les manipulations pour les trois conditions, comme le résume les graphes ci-dessus, nous remarquons que le fréquence cardiaque moyenne des participants dans les deux manipulations est généralement plus élevé après l'expérience. Cela peut être causé par l'apparition des éléments perturbateurs dans la manipulation.

Ainsi, nous pouvons constater que la deuxième condition qui a généré une différence remarquable entre les deux moyennes de battements cardiaques avant et après l'expérience. Ceci est causé par le fait que la fréquence les va-et-vients ou les clignotements ne sont pas synchronisés avec la fréquence cardiaque des participant, voire qu'elle est toujours plus élevée que la fréquence cardiaque des participants (100 BPM)

5.2. Influence des conditions sur la moyenne des erreurs

Pour étudier l'influence des conditions de l'expérience sur la moyenne des erreurs, nous avons évalué l'erreur qui est la valeur absolue de la différence entre la fréquence réelle et celle comptée par les sujets, ceci a généré les graphes suivants

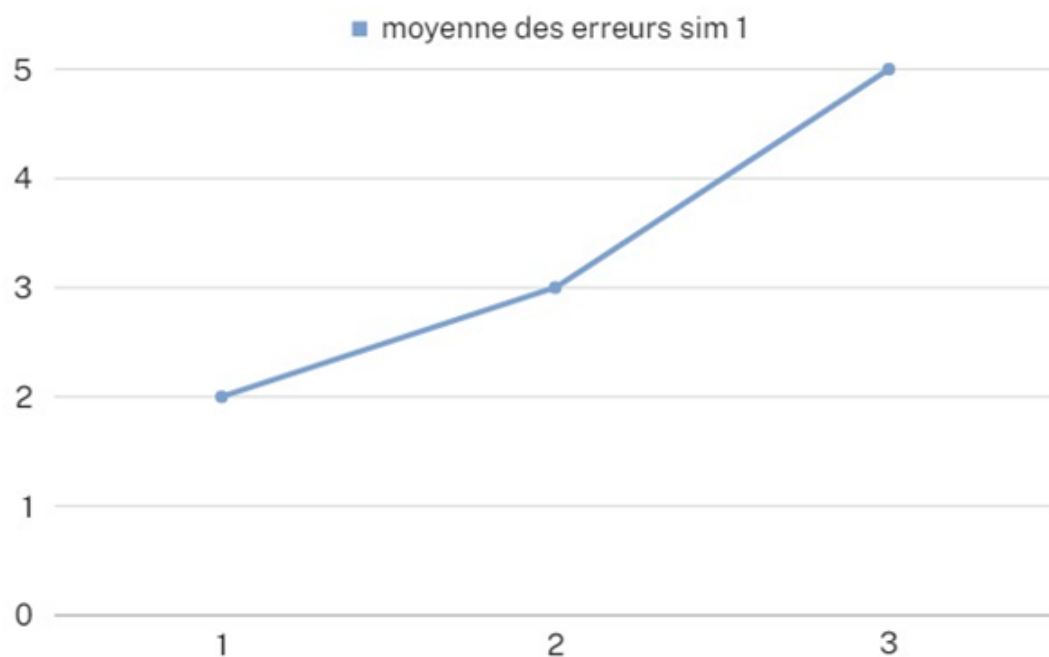


FIGURE 5.3 – Influence des conditions sur la moyenne des erreurs pour la simulation 1

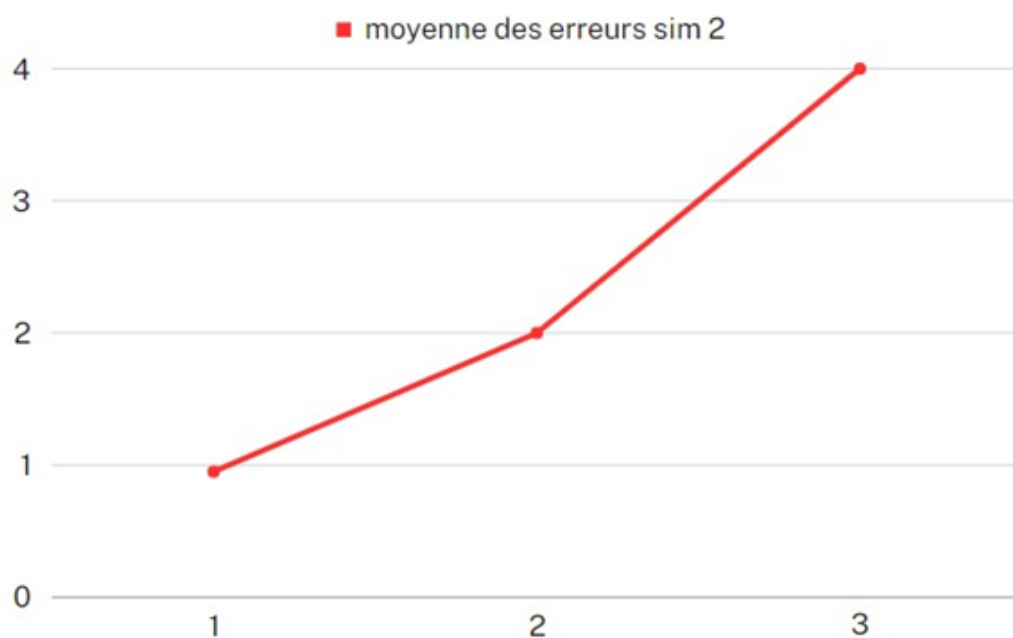


FIGURE 5.4 – Influence des conditions sur la moyenne des erreurs pour la simulation 2

En analysant ces graphes, nous pouvons constater que les erreurs sont toujours plus marquant dans la première simulation de la bille en mouvement que dans celle du carré

clignotant. Ceci est causé par le fait que dans la deuxième simulation, les bips sonores aident bien les participants à bien compter le nombre exacte des clignotement.

En analysant l'influence des différents conditions sur les résultats, Nous pouvons remarqué que la troisième condition génère le plus d'erreur de comptage vu que l'apériodicité des va-et-vients ou des clignotement mène à une difficulté remarquable.

5.3. Influence des conditions sur la charge de travail

À partir de la méthode RTLX, nous avons calculé la charge de travail par la relation :

$$WL = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{D_i}{L_i}$$

D_i est l'évaluation pour le descripteur n_i sur l'échelle de longueur L_i

Au terme de l'expérience, la charge de travail a été évaluée sur l'ensemble des candidats. Elle a été détectée grâce aux indicateurs qui sont : le stress engendré par l'expérience, les exigences mentales, physiques et temporelles de l'expérience, l'effort fourni, le niveau de frustration et d'autosatisfaction.

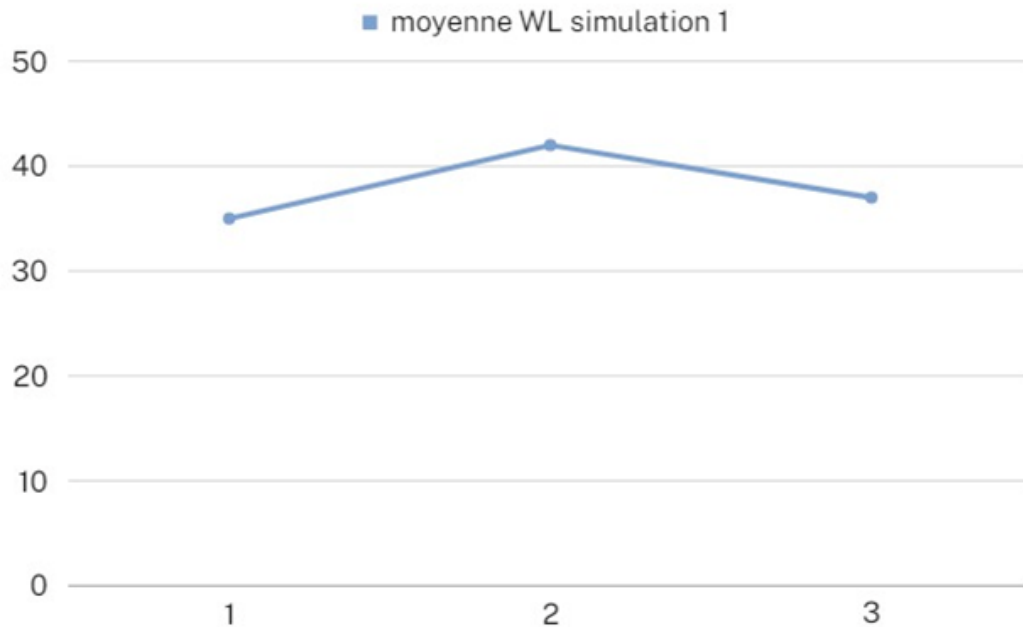


FIGURE 5.5 – Influence des conditions sur la charge de travail pour la simulation 1

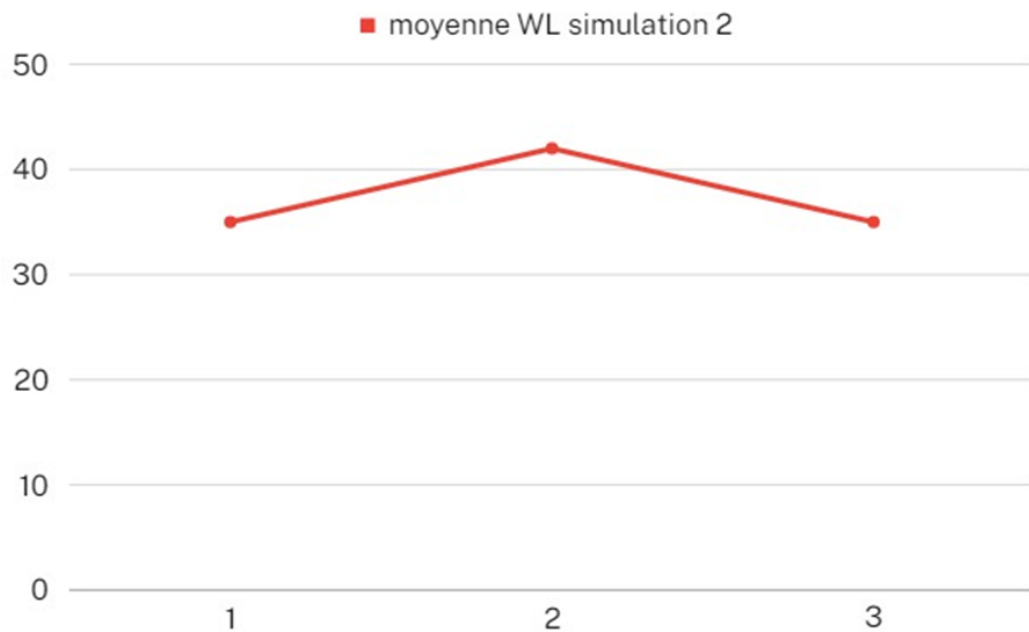


FIGURE 5.6 – Influence des conditions sur la charge de travail pour la simulation 2

En analysant les graphes des résultats, nous pouvons remarquer que, pour les deux simulations, la charge de travail a été plus élevée dans la deuxième condition vu que les participants trouvent que c'est difficile de pouvoir suivre les va-et-vients de la bille ou le clignotement du carré dans cette condition d'asynchronisation.

La fréquence des simulations dans cette condition est généralement plus élevée que la fréquence cardiaque normale, ce qui stresse les individus le plus.

Pour étudier l'impact de l'âge sur la charge de travail, nous avons examiné les données représentées dans la figure ci-dessous.

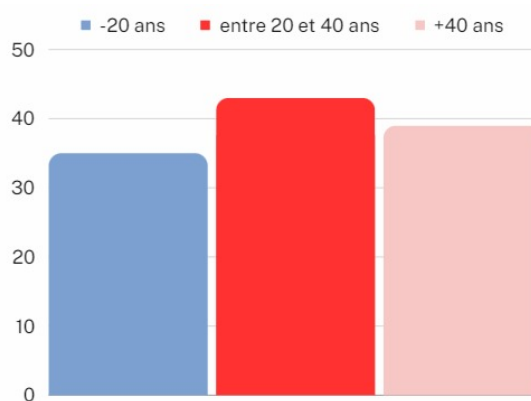


FIGURE 5.7 – Influence de l'âge sur la charge de travail

En analysant le graphe, nous pouvons observer que la charge de travail varie selon les tranches d'âge. Les données sont divisées en trois catégories : moins de 20 ans, 20 à 40 ans et plus de 40 ans. Les valeurs correspondantes pour ces catégories sont respectivement de 35, 43 et 39. Cette variation suggère une relation complexe entre l'âge et la charge de travail. Il est possible que les individus plus âgés prennent la tâche plus au sérieux, ce qui peut entraîner un niveau de stress plus élevé et donc une charge de travail accrue. Cependant, d'autres facteurs pourraient également influencer cette relation et nécessiteraient une analyse plus approfondie pour en comprendre les implications.

5.4. Influence du genre sur les résultats

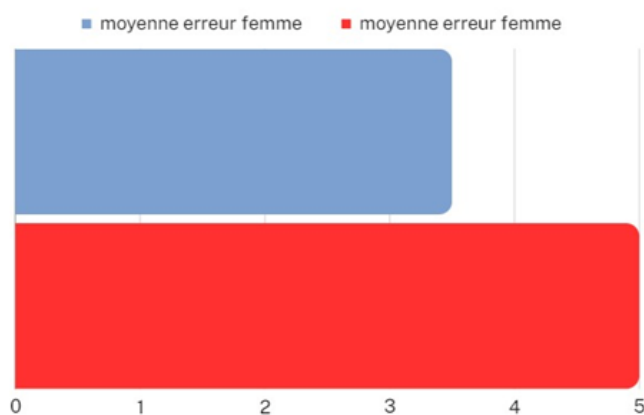


FIGURE 5.8 – Influence du genre sur la moyenne des erreurs

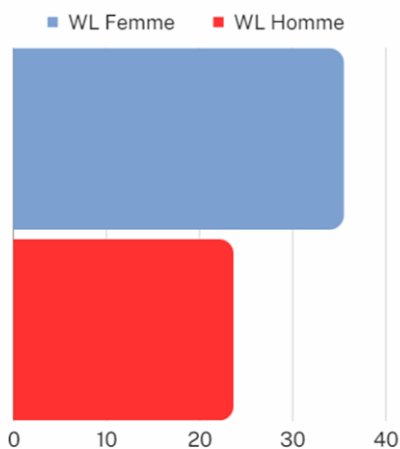


FIGURE 5.9 – Influence du genre sur la charge de travail

Dans les six situations examinées, les données graphiques indiquent que les hommes présentent une charge de travail légèrement plus élevée ainsi que des performances moyennes avec moins d'erreurs par rapport aux femmes. Ces résultats sont quelque peu surprenants étant donné les stéréotypes associés au niveau de concentration et d'attention des femmes. Afin de comprendre ces résultats, nous avons analysé diverses études. Certains chercheurs ont tenté d'expliquer les disparités observées en mettant en avant des différences d'attitude envers la tâche ou des facteurs de personnalité. Par exemple, Voyer et Saunders (2004) ont avancé l'hypothèse selon laquelle les hommes sont plus enclins que les femmes à fournir des réponses incertaines. Toutefois, il convient de prendre les résultats de nos expériences avec prudence, car l'échantillon de participants était composé de 73 hommes et seulement 47 femmes.

5.5. Influence de “l'Effet de Surprise” sur la performance des sujets

L'expérience a révélé que l'apparition soudaine des trois images pendant le dénombrement des va-et-vient de la balle ou les clignotements et bips du carré a généré un effet de surprise marqué chez les sujets. Ce phénomène psychologique est incontestablement lié à l'attention visuelle, capturée par un stimulus inattendu et incongru par rapport au contexte. L'inattendu déclenché par l'apparition des images a temporairement perturbé la performance visuelle des sujets, les incitant à réorienter leur attention vers les images. Plusieurs cas de perturbation de l'attention visuelle ont été observés au cours du protocole expérimental, notamment la capture de l'attention, l'interruption de la tâche, la distraction et un temps de réaction prolongé pour reprendre le comptage. Ces effets ont mis en lumière la sensibilité des participants à des stimuli inattendus, impactant leur capacité à se concentrer sur la tâche principale. En outre, l'effet de surprise a également influencé la fréquence cardiaque des individus, déclenchant une réponse d'orientation caractérisée par une augmentation temporaire de l'activité sympathique. Cette réaction physiologique est attribuée à la perception des images inattendues comme des stimuli potentiellement stressants, entraînant une élévation temporaire de la fréquence cardiaque. Toutefois, il est noté que cette réponse est généralement temporaire, la fréquence cardiaque revenant à la normale une fois que les individus ont visualisé les images. Ainsi, l'effet de surprise a non seulement eu un impact perceptuel immédiat mais a également influencé les réponses physiologiques des participants au cours de l'expérience.

6 | Conclusion et perspectives

6.1. Éléments marquants et perspectives de l'expérience

Pendant le protocole expérimental, plusieurs difficultés ont été rencontrées, notamment :

- Les émotions en jeu : Étant donné que plusieurs participants ont manifesté un large éventail d'émotions, allant de la colère à la tranquillité, en passant par le bonheur et d'autres états émotionnels, cela a eu un impact significatif sur l'expérience, tant positivement que négativement. Il convient de souligner que le niveau de stress et d'anxiété des individus peut également influencer la fréquence cardiaque, ce qui a directement influé sur le déroulement de l'expérience. Il devient impératif de prendre en compte ces variations émotionnelles pour garantir la validité des résultats.
- La difficulté à obtenir l'autorisation de mesurer la fréquence cardiaque des participants : Certains ont exprimé des préoccupations liées à la vie privée ou ont ressenti de l'inconfort face à l'idée d'être observés de près. Gérer ces émotions et apaiser ces inquiétudes a été crucial pour garantir une participation volontaire et éclairée, soulignant ainsi l'importance de la dimension psychologique dans le processus expérimental.
- La difficulté à recruter 120 participants : Réunir un nombre important de participants représente un défi en raison de la nécessité d'obtenir une base de données diversifiée, essentielle pour garantir une grande précision des résultats. Cela implique de répartir les tâches entre les membres de l'équipe de projet et de mener des efforts supplémentaires pour attirer et convaincre les participants potentiels de rejoindre l'étude.

En ce qui concerne les perspectives de notre projet, nous envisageons d'approfondir notre étude en explorant la relation entre le comptage des allées et venues ou des clignotements et la détection du contenu des images. Nous remarquons généralement que plus les participants parviennent à détecter le contenu des images, moins ils sont précis dans le

comptage. Pour confirmer cette observation, une étude plus détaillée est nécessaire pour analyser la corrélation entre ces deux points.

6.2. Conclusion

La présente étude a été menée dans le but d'explorer les effets de différentes conditions expérimentales sur la performance des participants dans le comptage des allées et venues d'une bille en mouvement et des clignotements d'un carré, ainsi que sur leur charge de travail perçue. Trois conditions distinctes ont été étudiées, comprenant des variations de synchronisation, de périodicité et d'apériodicité, avec des simulations impliquant des mouvements périodiques synchrones, des mouvements périodiques asynchrones, et des mouvements apériodiques synchrones. Les résultats ont révélé des différences significatives dans la performance des participants et dans leur perception de la charge de travail selon les différentes conditions expérimentales.

Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que la synchronisation entre les mouvements de la bille ou du carré et la fréquence cardiaque des participants a un impact positif sur leur performance dans le comptage, tandis que les conditions asynchrones et apériodiques entraînent une performance moins précise. De plus, les conditions expérimentales ont également influencé la charge de travail perçue par les participants, avec des conditions asynchrones générant généralement une charge de travail plus élevée.

Les résultats soulignent l'importance de prendre en compte la synchronisation, la périodicité et l'apériodicité dans la conception des expériences impliquant des tâches de comptage, ainsi que dans l'évaluation de la charge de travail perçue par les participants. Ces informations peuvent être précieuses pour les chercheurs et les concepteurs d'expérience dans divers domaines, tels que la psychologie expérimentale, les sciences cognitives et la conception d'interface utilisateur.

En conclusion, cette étude contribue à notre compréhension de la manière dont différents facteurs expérimentaux influencent la performance des participants dans des tâches de comptage, ainsi que leur perception de la charge de travail. Ces connaissances peuvent être utilisées pour améliorer la conception et l'interprétation des expériences impliquant des tâches de comptage, et peuvent également avoir des implications pratiques dans des domaines tels que la conception d'interfaces utilisateur et l'évaluation de la charge de travail dans des environnements de travail complexes.