



MASTER HANDI
Domaine : Sciences Technologie, Santé (STS)
Mention : MIASHS
Spécialité : Technologie et Handicap
Rapport de stage M2

Titre : Traitement de l'image d'un fauteuil roulant commandé par les mouvements des yeux

Aya DERNAYKA

Directeur de stage : M. SLIMAN Layth

Lieu du stage : Ecole EFREI

Coordonnateur :
J. LOPEZ KRAHE

Responsable de la formation :
D. ARCHAMBAULT

Paris, 14 Septembre 2016



Plan :

	Pages
1. Résumé	3
2. Abstract	3
3. Remerciements	4
4. Introduction.....	5
5. Problématique et objectifs du mémoire	6
6. Le cadre de stage	7
6.1.Présentation du laboratoire AllianSTIC – EFREI	7
6.2.Présentation des tuteurs	8
6.3.Intégration au sein de l'école	8
7. Contexte du projet initial	8
7.1.Le but du projet	9
7.2.Présentation du handicap	9
7.3.Présentation du projet initial	10
7.4.L'avancement du projet initial	12
7.5.Prototype.....	13
8. Déroulement du stage : modification et amélioration du projet initial	14
8.1.Etat de l'art.....	14
8.2.Propositions par rapport à ce qui était envisagé et réalisation	20
8.2.1. La méthodologie utilisée	20
8.2.2. Traitement de l'image.....	22
8.2.2.1. Filtres et contours.....	22
8.2.3. L'utilisation de la caméra.....	23
8.2.4. Comparaison des résultats.....	27
8.2.5. Présentation des autres étapes proposées du système	29
8.3.Contact et retour positive des propositions.....	32
8.3.1. Présentation de l'association Notre-Dame	32
9. Prise de recul	32
9.1.Connaissances acquises.....	32
9.2.Problèmes rencontrés.....	33
10.Conclusion et perspectives	33
11.Références.....	35
12. Annexe	37

Résumé :

La conception des fauteuils roulants proposés aux personnes handicapées est très commune. La forme la plus grave de la paralysie cérébrale est la quadriplégie cérébrale : les personnes atteintes ne peuvent pas bouger leurs membres et souffrent de mouvements de tête incontrôlables. Dans ce mémoire, nous présentons une méthode par laquelle un utilisateur peut guider le fauteuil roulant à l'aide des mouvements oculaires. Grâce à ce robot, l'utilisateur peut communiquer plus facilement avec son environnement. De plus, il est équipé d'un bras compensant la paralysie des membres supérieurs. Celui-ci peut être utilisé pour les actes quotidiens comme l'ouverture d'un réfrigérateur ou l'usage d'une cuillère pour manger, etc. Dans les chapitres suivants je présenterai le contenu de mon stage, l'école et mes tuteurs, le handicap, l'état de l'art, les étapes du traitement de l'image. Plusieurs utilisateurs et un ergonome ont été consultés pour la validation du système à l'association "Notre-Dame" à Paris.

Abstract:

Wheelchair provisions for people suffering from disabilities is very common. People suffering from spastic quadriplegia (the most severe form of cerebral palsy) can't move their limbs and suffer from uncontrollable head movements. In this memory, we present a method by which a user can guide the wheelchair through eye movements. This wheelchair system helps the user to communicate with their environment through an eye tracking mechanism. In addition, it is equipped with an arm to compensate for the disabled limbs. This arm can be used for day-to-day work like opening a fridge or using a spoon to eat etc. The following sections will address the content of my internship, the presentation of the school and my professors, the disability, the state of the art, steps for image processing and approach taken to counter the possible effects on the eye tracking mechanism from involuntary movements of the head. Several users and an ergonomist have been consulted for validation of the system at association of "Notre-Dame" in Paris.

Remerciements :

Association Notre Dame, Mme Elizabeth GUILLOT et les utilisateurs pour leur aide (leur disponibilité et remarques avisées)

Ecole EFREI pour son accueil

Mon tuteur Layth SLIMAN pour son encadrement, son encouragement, son soutien

Mme Catherine MARECHAL pour l'article et son avis

Les stagiaires pour la qualité des échanges réalisés et l'ambiance partagée

Mme Ammar KHALAF pour ses conseils sur le traitement de l'image

Mme Bénédicte COQUIO-MARQ pour sa relecture du mémoire

4. Introduction :

Actuellement la technologie rentre dans tous les domaines de notre vie : au travail, à la maison, dans les transports, dans la rue, les restaurants, Il est devenu évident de consulter des milliers de fois par jour nos téléphones et nos tablettes pour utiliser le GPS, ou naviguer sur Facebook, ou passer un appel, etc.

Cette technologie ne se limite plus au domaine de la communication, et s'ouvre aux autres domaines : éducatif, sportif, entreprise, transports, alimentation, etc. Elle pénètre aussi le monde du handicap : de nos jours on trouve souvent des applications pour organiser la journée des enfants autistes, des applications pour les personnes « Dys », des cannes connectées pour les personnes déficientes visuelles, des fauteuils roulants pour les personnes atteintes d'IMC (infirmité motrice cérébrale),

On dénombre annuellement 38.3 million de personnes souffrant d'un handicap aux Etats-Unis [1] et 5 millions en France [2] : déficiences intellectuelles, auditives, visuelles, infirmité motrice cérébrale (IMC) et handicaps psychiques ... [3]. La majorité des personnes souffrant d'une lésion cérébrale et surtout d'une paralysie cérébrale le doivent à des accidents pendant la grossesse, pendant l'accouchement ou après la naissance, ou à des raisons génétiques. Ces personnes ont recours à l'aide de la technologie afin de compenser leurs handicaps et tenter de gagner le maximum d'autonomie.

La paralysie cérébrale est une condition d'endommagement cérébral caractérisée par un dysfonctionnement des muscles [4]. Les trois formes les plus connues de la paralysie cérébrale sont :

1. La diplégie cérébrale
2. L'hémiplégie cérébrale
3. La quadriplégie ou tétraplégie cérébrale

Cette dernière forme est la plus sévère car elle cause un dysfonctionnement total des quatre membres. Je l'aborderai plus tard.

Mon stage s'est déroulé à l'école d'ingénieur généraliste en informatique et technologies du numérique EFREI à Villejuif – Paris, sous la tutelle de M. Layth SLIMAN, enseignant-chercheur. L'objectif visé était de concevoir et réaliser un fauteuil roulant commandé par les mouvements des yeux à destination des personnes quadriplégiques ou tétraplégiques, afin de répondre à leurs difficultés.

Dans le développement qui suit je vais présenter le cadre du stage ; le contexte du projet, son état initial ; le déroulement du stage : l'état de l'art, le handicap - causes, conséquences, solutions - ; les modifications et les propositions apportées sur l'avancement du projet ; le contact avec l'association Notre Dame et la validation des propositions ; les étapes de la réalisation du système et finalement la conclusion avec les perspectives. Les références et l'annexe suivront.

5. Problématique et objectifs du mémoire :

Dans ce stage j'ai eu l'opportunité d'assister et de participer à la découverte, la conception et la réalisation au cours des différentes étapes parcourues lors du travail de recherche. Le premier temps du stage a consisté à chercher à me familiariser et comprendre le sujet de « l'Eye-tracking » en lisant des articles et travaux déjà faits. J'ai ensuite approfondi mes recherches en lisant des livres, des documents et des cours abordant le sujet du traitement de l'image et les différentes méthodes utilisées. J'ai ensuite suggéré de modifier la méthode envisagée au départ. A suivi la phase de validation et de réalisation des propositions.

Le travail d'élaboration de ce projet a été pour moi une occasion d'enrichissement, de découvertes et d'approfondissement de mes savoirs. Les visites et les divers contacts établis avec les différents professionnels (par exemple l'ergonome Mme GUILLOT de l'association Notre-Dame) et les utilisateurs, m'ont permis de vérifier l'adéquation de ma proposition à la problématique à traiter.

6. le cadre de stage :

Le stage et les recherches du projet ont eu lieu à l'école d'ingénieur généraliste en informatique et technologies du numérique EFREI à Villejuif – Paris (France), au laboratoire AllianSTIC. Il s'est déroulé du 18 mars au 9 septembre 2016.

6.1. Présentation du laboratoire AllianSTIC – EFREI :

EFREI est une école d'ingénieur généraliste en informatique et technologies du numérique située à Villejuif – Paris. Elle s'est rapprochée d'une autre école ESIGETEL en septembre 2011 pour créer un groupement d'intérêt scientifique appelé AllianSTIC. Elle travaille sur deux thématiques de recherche qui ont lieu au laboratoire Allianstic. Les deux axes de recherche sont : « Big Data et Web Intelligence », et « Objets Connectés ».

Le premier axe s'intéresse à la question du volume énorme du « Big data » auquel on a accès tous les jours : web, images numériques, vidéos, signaux GPS, etc. Il cherche à optimiser l'accès à toutes ces grandes données en les organisant, les classifiant et en vérifiant leur valeur et leur qualité. En outre il veut faciliter leur utilisation par un accès le plus diversifié possible dans toutes circonstances et tous lieux depuis les applications mobiles.

Le deuxième axe mène des recherche sur les « objets connectés et leurs réseaux » comme : la localisation à l'intérieur des bâtiments par technologies Radiofréquences, la localisation hybride/opportuniste, la localisation par RFID, localisation Sub-métrique, la modélisation électrique et l'optimisation de systèmes RFID, HF et UHF.

Le laboratoire ALLIANSTIC est constitué de 12 enseignants-chercheurs, 3 doctorants et de nombreux stagiaires (venant d'universités étrangères) et de niveau M2. Les partenariats du laboratoire sont : Born-up, IBISC, télécom Sud Paris. La politique du laboratoire est basée sur la double recherche fondamentale et appliquée. Les chercheurs du laboratoire travaillent en collaboration avec d'autres laboratoires et entreprises en France et en Europe. De plus, les membres du laboratoire travaillent sur d'autres projets, comme : COST ICT : cHiPSet « High-Performance Modelling and Simulation for Big Data Applications », « RunMyCode » : projet constitué d'une « Platfrome cloud computing » [22]. Ils sont aussi membres du : Pôle de compétitivité Cap Digital et ANRT.

6.2. Présentation des tuteurs :

Pendant ces 5 mois j'étais encadrée par M. SLIMAN LAYTH et Mme KATARZYNA WEGRZYN-WOLSKA.

M. Layth SLIMAN est enseignant-Chercheur à l'EFREI et membre de GIS – AllianSTIC. Il travaille sur différentes thématiques de recherche comme : Urbanisation du SI, Sécurité du système collaborative, web2.0 et 3.- dans le ERP. Il a rédigé plusieurs publications dans plusieurs conférences internationales, des journaux et des workshops.

Mme Katarzyna WEGRZYN-WOLSKA est directrice du GIS AllianSTIC, ainsi que de recherche à l'ESIGETEL où elle est aussi enseignante-chercheur ESIGETEL. Elle a obtenu son HDR en 2012 en « Contribution du web intelligence dans les applications dédiées à l'intelligence économique » à l'université Val d'Essonne, et a réalisé sa thèse à l'ENS des Mines de Paris en 2001 en « Etude et réalisation d'un méta-indexeur pour la recherche sur le web de documents produits par l'Administration Française ». Elle travaille aussi sur différentes thématiques de recherche comme : la recherche de l'information sur Internet, la classification et l'évaluation de moteurs de recherche, les méta-outils de recherche d'information, le partage et la publication de l'information sur le web, etc. En outre elle a rédigé diverses publications dans des conférences internationales, des chapitres de livres, des journaux internationaux et des ouvrages de synthèse.

6.3. Intégration au sein de l'école :

Les stagiaires disposent d'une salle qui leur est réservée. Ce lieu commun leur offre la possibilité d'échanger à de nombreux moments de la journée. Chaque stagiaire travaille sur un projet unique et individuel, et peut rester isolé. Au début de mon stage j'ai profité du repas du midi pour proposer de partager ce temps. Cela nous a permis des rapprochements et de créer des relations d'amitié qui ont eu d'effet sur l'ambiance et la qualité de notre travail.

7. Contexte du projet initial :

L'utilisation et l'accès à la technologie habitent une partie de la vie humaine, et nous permettant de surmonter plusieurs défis face aux obstacles que nous devons affronter.

L'idée du projet est de créer un système pour les personnes handicapées et les aider à surmonter leurs difficultés en les rendant le plus autonome possibles. Les systèmes informatiques et les appareils électroniques propose un système efficace de réponse.

7.1. Le but du projet :

Le projet s'adresse tout d'abord aux personnes quadriplégiques ou tétraplégiques. Comme je l'ai déjà écrit, elles n'ont aucune possibilité d'utiliser leurs membres mais gardent la mobilité oculaire.

L'idée du projet est donc de réaliser un fauteuil roulant, en utilisant les mouvements des yeux sous forme de commandes, pour compenser l'empêchement des membres paralysés. Dans ce travail il faut alors détecter et interpréter les mouvements des yeux, pour permettre aux personnes souffrant du handicap de contrôler ce robot.

C'est en utilisant ces yeux que l'utilisateur donne les ordres au robot pour accomplir certaines tâches, par exemple : choisir une destination et s'y déplacer, s'arrêter, et utiliser également un bras artificiel. Il s'agit ainsi d'offrir un outil plus précisément adapté aux besoins des utilisateurs.

7.2. Présentation du handicap :

J'ai déjà mentionné ce qui caractérise l'infirmité motrice cérébrale, c'est-à-dire un endommagement du fonctionnement normal des muscles du cerveau. La forme la plus sévère de l'IMC est la quadriplégie cérébrale qui affecte le corps en entier. Le mot quadriplégie provient du mot Latin « Quadri » qui signifie que quatre membres du corps sont affectés, « Plegia » – vient du Grec signifie « paralysie ».

Plusieurs causes expliquent cette forme de handicap : la matière grise de l'embryon très fragile, peut être pendant la grossesse et après l'accouchement, endommagée à cause d'un accident ou d'un autre motif entraînant un handicap définitif. On trouve ainsi en France [2] plus de 30% de la population victimes d'un handicap moteur à la suite d'accidents de : voiture, de chirurgie, du sport, etc.

Les caractéristiques les plus communes des personnes souffrant de ce handicap sont l'incapacité de marcher, et la rigidité des membres, l'atteinte de la fonction de la parole, des mouvements de tête incontrôlables. On peut également observer l'existence d'un retard mental, allant de modéré à sévère.

Deux grands et importants objectifs sont visés dans le traitement des personnes souffrant de cette forme d'handicap :

1. Accroître leur mobilité
2. Développer leur confort

Malheureusement il n'existe pas de remède, ces deux objectifs permettent seulement d'améliorer la qualité de leurs vies. C'est pourquoi on peut parler des bénéfices importants offerts par la technologie, qui en compensant le handicap, facilite la vie des patients, et leur offre une meilleure indépendance dans les tâches quotidiennes et les autonomise.

Dans le paragraphe qui suit nous élaborons les différents systèmes existants à disposition des personnes quadriplégiques.

7.3. Présentation du projet initial :

L'idée et la fondation principales du système étaient de disposer dans la salle de recherche des caméras tout autour. Celles-ci avaient pour rôle de repérer le visage de la personne depuis tous les endroits et ensuite détecter le « Eye-tracking » (suivi des mouvements des yeux). Dans le cas où l'utilisateur bouge sa tête ou change sa position, le système est codé de façon à détecter en premier le visage de la personne, puis localiser la région des yeux. Chaque image captée par les caméras est traitée de façon à effectuer la même démarche. La figure 1 ci-dessous présente les étapes de la détection des mouvements oculaires par le système.

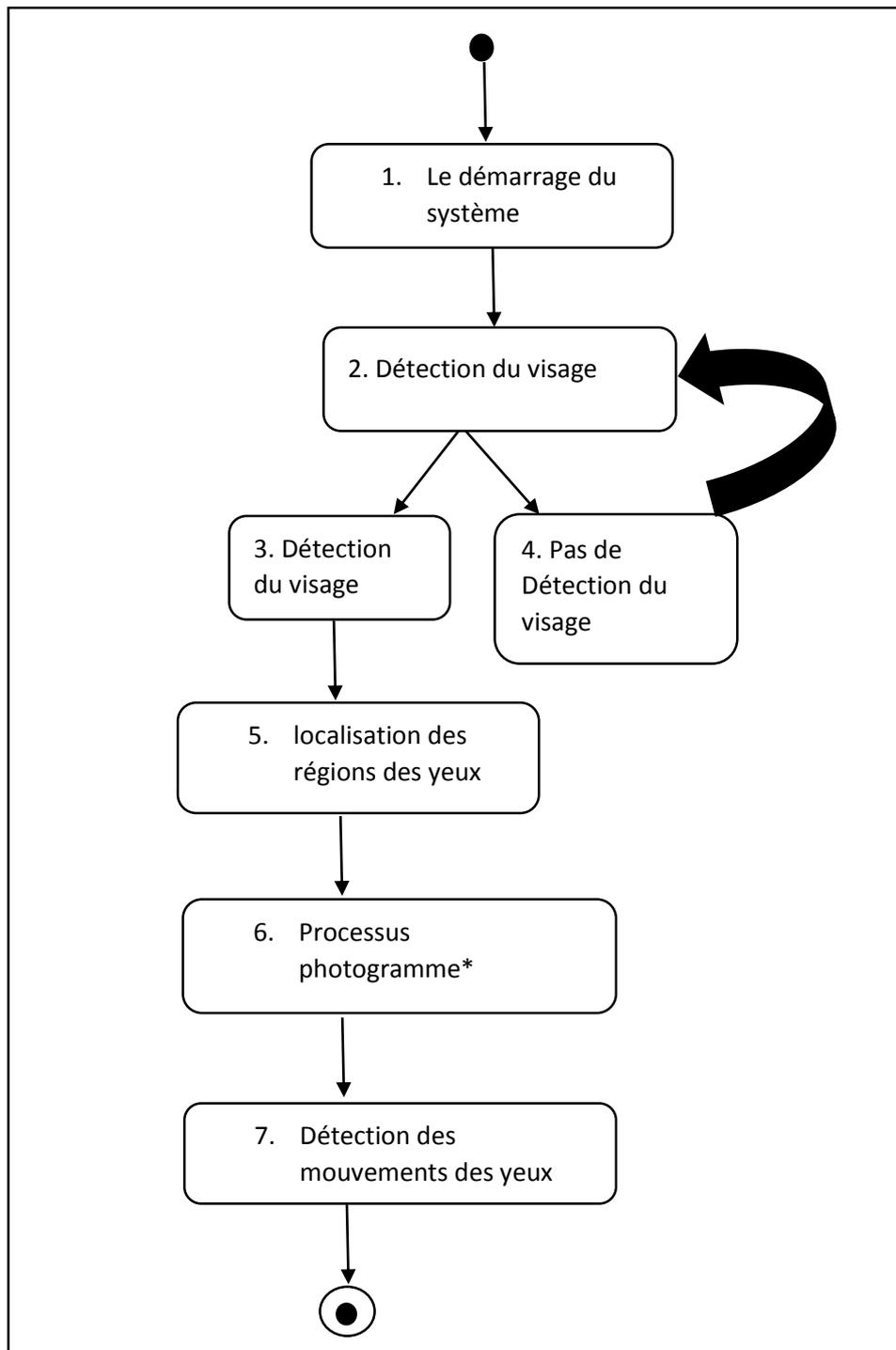


Figure 1 : Diagramme des interactions globale du système de suivi des yeux

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

« Le processus photogramme est une image photographique sans l'utilisation d'une caméra, qui consiste à placer le papier ou l'image sur une surface photosensible pour l'exposer à la lumière » [27]. Le but de l'utilisation de ce processus est de voir l'image en noir et blanc, ou autrement dit convertir l'image en binaire.

Par la suite, les positions de la pupille sont représentées dans le système sous forme de quatre types de commandes dans le code ascii par les lettres simples suivantes : « a », « b », « c », « d », qui désignent respectivement les directions oculaires (haut, bas, droite, gauche).

Le système est relié à un microcontrôleur. A l'intérieur, celui-ci est équipé d'une machine qui conduit tout le processus. Le fauteuil roulant est équipé d'un bras (fixé et connecté) qui permettra de compenser l'absence des mouvements des membres supérieurs.

7.4. L'avancement du projet initial :

Pendant la réalisation du projet les étudiants mexicains ont constaté combien il est primordial de respecter l'ordre de la démarche (1. détecter le visage, 2. Repérer les mouvements des yeux). Ils ont pour cela appliqué une méthode efficace permettant de filtrer le visage avec un pourcentage d'erreurs très négligeable.

Pour cela ils ont choisi d'utiliser « Open CV Library » pour le traitement de l'image. Cet outil est une bibliothèque graphique libre spécifique pour le traitement de l'image en temps réel qui est codée en C/C++ [28]. Puis ils ont utilisé un algorithme détectant le visage au début. Puis la détection de l'œil était appliquée d'une forme symétrique par rapport au point médium du visage. Il faut ensuite convertir l'œil en niveau de gris, puis éliminer le bruit dans l'image et finalement détecter la région de l'œil.

Les expériences étaient réalisées en utilisant une caméra dont les caractéristiques sont :

1. C'est un « Acer Crystal Eye Web Camera » 1.3MP.
2. La résolution de la caméra est 640 * 480 pixels.
3. La résolution des vidéos est 1080P.

Par la suite dans la phase des tests ils se sont heurtés à l'impossibilité pour le système de détecter toutes les couleurs des yeux et tous les types d'yeux (car les caractéristiques oculaires sont spécifiques à chaque individu). Voir annexe 1.

Effectuer un stage recherche trouve ici son intérêt afin d'améliorer le système en solutionnant cet obstacle.

7.5. Prototype :

En raison du manque de fauteuil roulant et son prix élevé, un prototype a été réalisé pour la démonstration du système. L'équipe a pour cela utilisé deux paires de roues et deux paires de moteurs à engrenage. Dans la figure 3 ci-dessous on trouve la conception finale du prototype puis sa réalisation dans la figure 4.

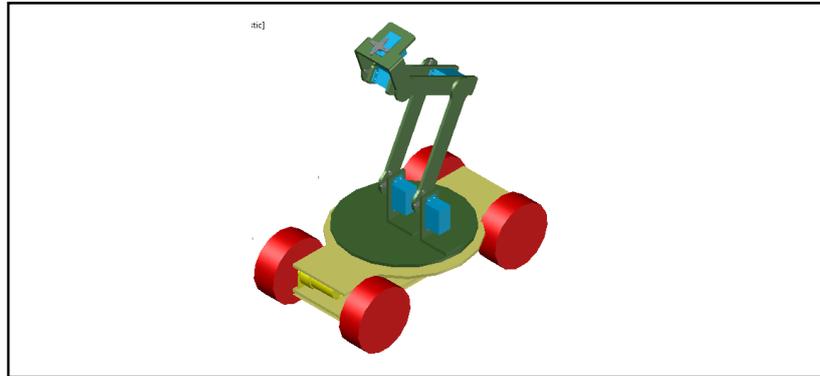


Figure 3 : la conception finale du prototype

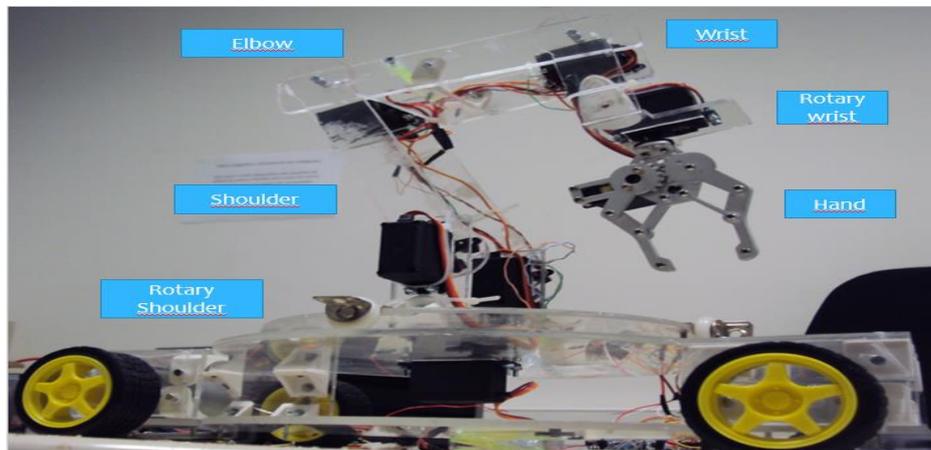


Figure 4 : l'image du prototype réalisé

Dans la partie suivante je vais présenter et commenter les phases de la réalisation du système.

8. Déroulement du stage : modification et amélioration du projet initial :

Pendant mon stage j'ai commencé par effectuer des recherches pour me familiariser avec le sujet de « l'Eye-tracking » ou « Suivi des Mouvement Des Yeux » et le terme de « L'Infirmité Motrice Cérébrale – Forme Quadriplégique ». Je l'aborderai dans le développement qui suit. J'enchaînerai avec les propositions élaborées plus bas.

8.1. Etat de l'art :

Dans ce domaine on trouve beaucoup de travaux et systèmes à disposition des personnes handicapées. L'objectif est de réaliser un fauteuil roulant le plus « idéal » possible pour assurer l'indépendance, le confort et la sécurité des personnes handicapées.

Pour cela existent de nombreux systèmes facilitant une meilleure fonctionnalité pour les utilisateurs. Je présenterai tout d'abord la définition de « l'Eye-tracking », puis les différents systèmes existant sur le marché, et ensuite les travaux réalisés et reliés au sujet de « l'Eye-tracking ».

En utilisant des mots simples « l'Eye-tracking » est l'étude de l'activité de l'œil des personnes afin de répondre aux questions : où regarde-t-on ? qu'ignore-t-on ? comment la pupille interagit-elle aux différents stimuli ? [16] [17]. Plusieurs méthodes permettent de mesurer les mouvements des yeux. Il y a les méthodes qui sont en contact [8] et celles qui sont sans contact [8].

Parmi les méthodes « en contact » on trouve par exemple des lentilles collées à la cornée et équipées de capteurs qui détectent les mouvements des yeux et d'un petit mémoire qui quantifie l'orientation de l'œil. Il y a aussi les supports montés sur la tête et les lunettes. Mais ces méthodes peuvent gêner l'utilisateur et provoquer des problèmes comme une allergie par exemple à cause des lentilles.

Les autres méthodes dites « sans contacts » sont plus appréciées et acceptées par les utilisateurs, comme le micro-projecteur qui transfère le faisceau infrarouge à l'œil. Un capteur recueille ensuite les réflexions des lumières émises par les yeux. La caméra en face détecte les lumières reflétées transmises par l'œil. Finalement les informations sont utilisées pour lancer la rotation de l'œil afin de détecter ultérieurement le regard [8] [9].

Voici à présent une présentation des différents travaux réalisés dans ce domaine, comme :

1. « Eye-controlled Wheelchair that uses Raspberry Pi 2 » [19] [20]. C'est un fauteuil roulant contrôlé par les mouvements des yeux en utilisant Raspberry Pi 2 réalisé en 2015. L'outil Raspberry Pi « est proposé par la fondation britannique Raspberry Pi Foundation » [23]. C'est un ordinateur de coût modique et de petite taille comme une carte de crédit et qui se relie à n'importe quel système équipé d'une entrée vidéo ou HDMI. Le « Raspberry Pi 2 » est un nouvel modèle qui a plus de caractéristiques. Il est composé de : une ram de 1 Go au lieu de 512 Mo, 4 processeurs au lieu de 1, le processeur est ARMv7 qui est 6 fois plus puissant que le dernier. La cadence du processeur est de 100 Mhz au lieu de 700 Mhz ; il supporte Windows 10 tandis que le dernier ne le supporte pas [24].

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

Les réalisateurs de ce système sont deux étudiants allemands qui ont utilisé des lunettes équipées d'une « webcam » sur les verres de l'œil droit afin de suivre et détecter les mouvements des yeux. Cette webcam standard est caractérisée par un filtre infrarouge. Ces lunettes sont reliées au Raspberry Pi 2 et Arduino qui vont contrôler et guider le système. On trouve dans la figure 4 ci-dessus les photos de la réalisation du système, et figure 5 les matériels utilisés.

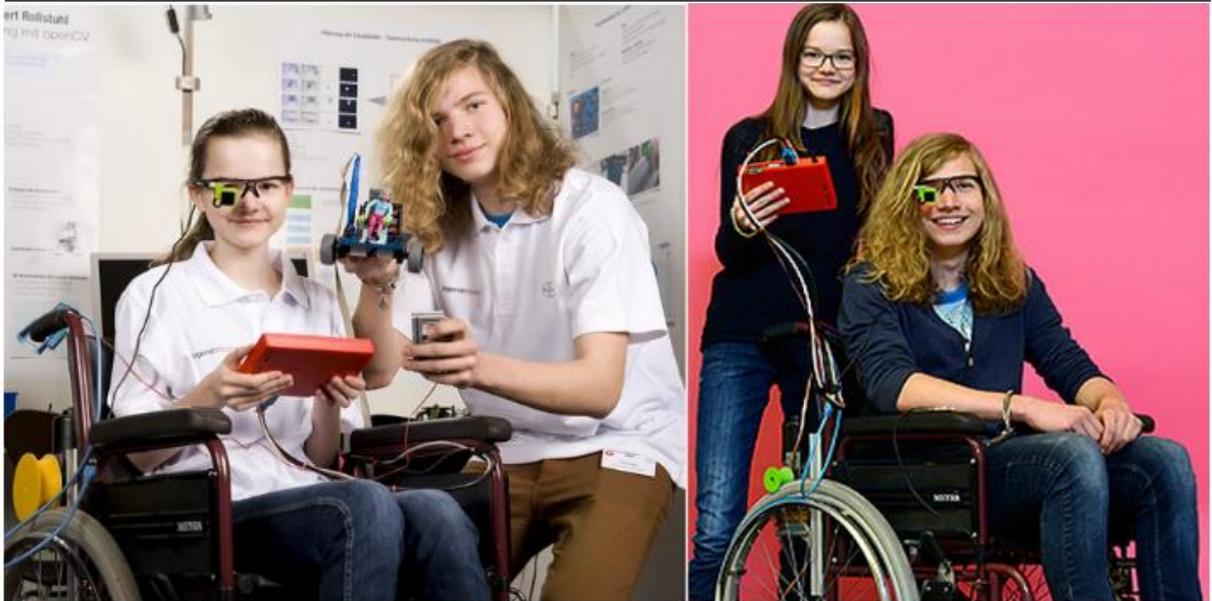


Figure 4 : les photos de la réalisation du système dit « Eye-controlled Wheelchair that uses Raspberry Pi 2 »

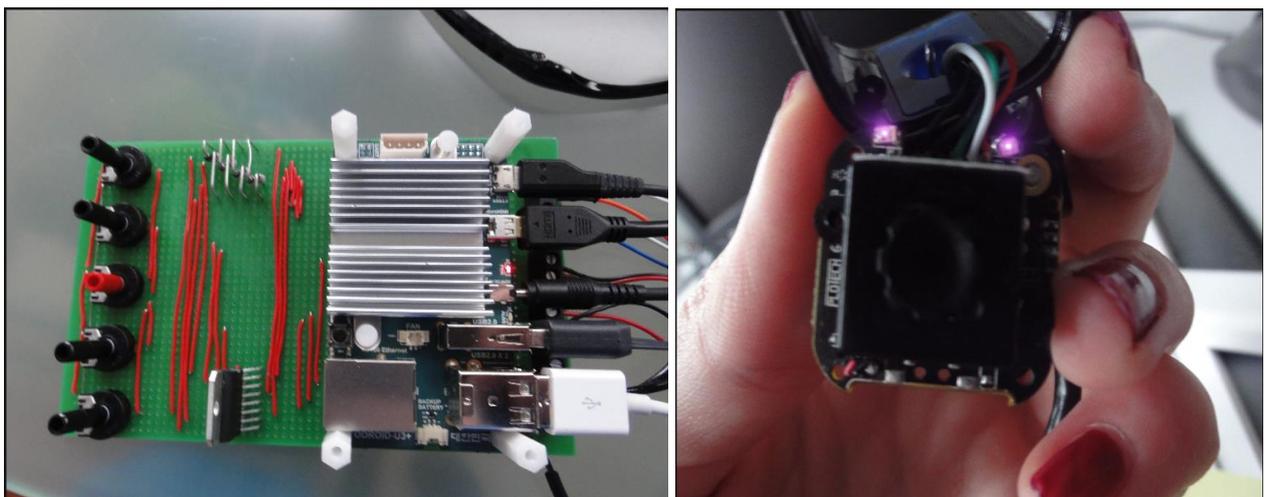


Figure 5 : le Raspberry Pi 2 et la webcam de gauche à droite respectivement

Mais les inconvénients de ce système sont que l'utilisateur doit porter tout le temps les lunettes quand il utilise le fauteuil roulant, ce qui peut gêner quelques personnes et les mettre mal à l'aise.

- « Eye-Drivomatic », « Eye-tracking wheelchair control design » [7] : ce fauteuil a été réalisé en 2015 par quatre personnes, dont des personnes quadriplégiques. Il est conçu d'un « Joystick » détachable pour contrôler la tablette et connecté à un « Arduino » et « Raspberry Pi » programmés pour contrôler le robot. Il est équipé aussi de capteurs qui détectent les obstacles afin d'assurer la sécurité de l'utilisateur (par exemple présence d'un mur avec risque de heurt, escalier et risque de chute, etc). S'ajoute un synthétiseur vocal. Celui-ci est un outil de communication qui peut lire des phrases ou consignes pré-dictées par l'utilisateur et les formulera à sa place.

L'Arduino est un microcontrôleur qui est caractérisé par son petit prix semblable au coût d'un PC, ses dimensions, sa fréquence et sa consommation électrique faible. De plus il fonctionne d'une façon autonome ce qui le rend très conseillé pour les systèmes embarqués [25].

Vous trouvez dans les figures 6 et 7 quelques photos des réalisations du système.



Figure 6 : Des photos de la réalisation du système avec la tablette et le Joystick détachable.

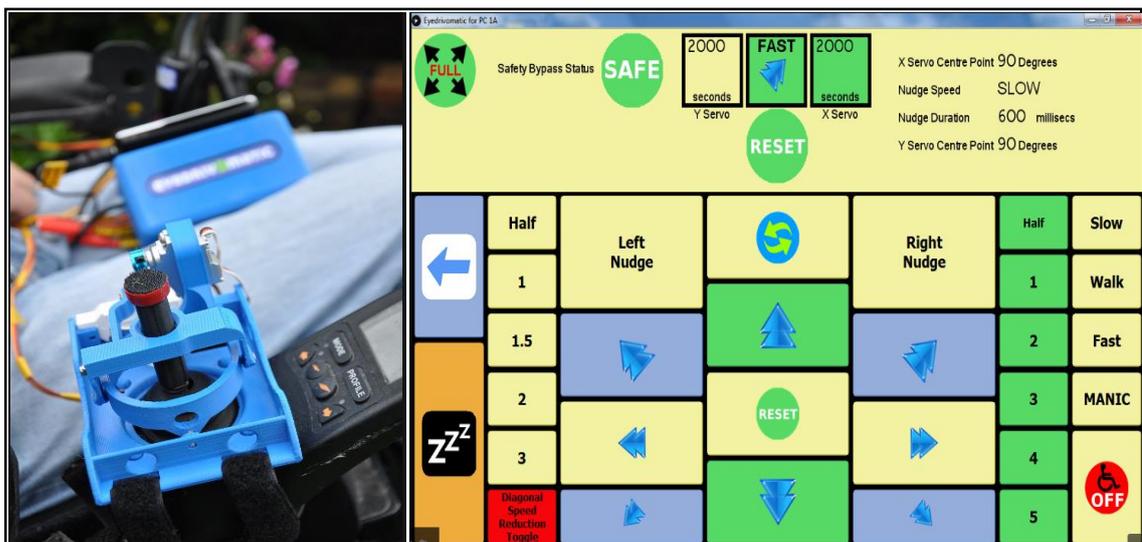


Figure 7 : le joystick zoomer et l'écran détaillé.

Ce système présente de réels avantages, mais aussi quelques inconvénients. Comme on voit dans la figure 7 l'écran de la tablette contient beaucoup de commandes. Cela peut perturber l'utilisateur et limiter le nombre des gens qui peuvent bénéficier de ce système. En plus il doit être équipé d'une prise pour brancher le Joystick externe et on ne peut donc pas le trouver sur tous les fauteuils roulants.

- « Exploiting Eye-Tracking for Smartphone Authentication » [12], est un article réalisé par trois personnes en collaboration avec une université et un collègue aux Etats Unis. Ils ont conçu une nouvelle méthode de « L'Eye-tracking » pour augmenter l'authentification des mots de passe des smartphones. Ils ont utilisé la caméra avant du smartphone pour capturer la trajectoire du mouvement de l'œil utilisé pour rentrer le code d'authentification personnel. Leurs résultats montrent que leur technique est plus sécurisée et efficace, car les chiffres affichés sur l'écran sont placés aléatoirement. Seuls cinq essais sont possibles pour rentrer le mot de passe et déverrouiller l'écran du smartphone. Cf. figure 8 ci-dessous. Leur méthode est basée sur le fait de mesurer la similitude du mouvement des yeux et les lignes de la cible mobile sur l'écran du smartphone. Signalons au passage cette donnée, qui ne correspond toutefois pas à notre projet.

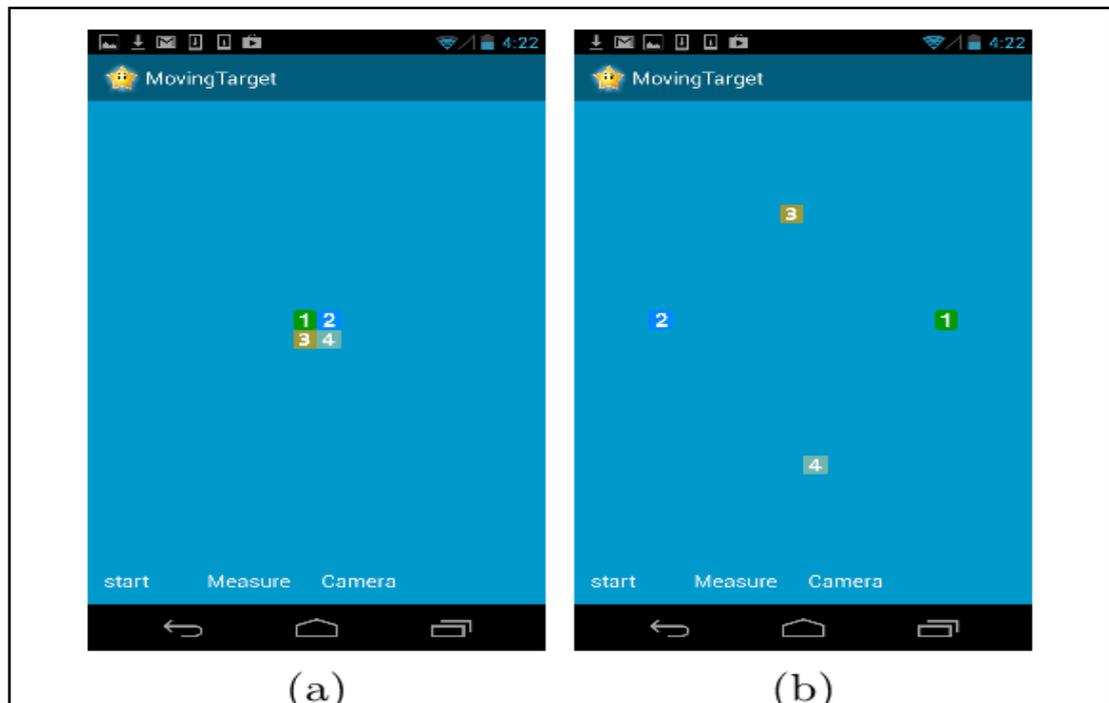


Figure 8 : (A) la mise en page des objets avant qu'ils ne se déplacent. (B) les quatre objets qui se déplacent suivant les quatre sens (haut, bas, gauche, droite) lors d'un essai (sur les 5).

4. « A novel method for gaze tracking by local pattern model and support vector regressor ». Nous évoquons ici un article réalisé par trois personnes en collaboration avec l'université de technologie DALINA en Chine et l'université de RITSUMEIKAN au Japon. Les chercheurs ont ici travaillé sur une nouvelle méthode de « L'Eye-tracking » permettant de bouger la tête de +5 cm en avant et en arrière, et de +2 cm horizontalement et +-2cm verticalement. Elle est basée sur un « modèle de motif local (LPM) » et « le vecteur de support régresseur (SVR) ». LPM est une combinaison d'une meilleure fonctionnalité à base de pixel-pattern texture (PPBTF) et binaire motif locale caractéristique de texture (LBP), est utilisé pour calculer les caractéristiques de l'œil, et un nouveau programme binoculaire est adopté pour détecter les coordonnées spatiales de l'œil. Par la suite les caractéristiques de texture de LPM et les coordonnées spatiales sont introduites dans le vecteur de support régresseur (SVR) pour correspondre à une fonction du suivi du regard, puis étudier le suivi de la direction du regard avec les mouvements de la tête [14].

5. La tablette « TOBII » réalisée en 2013 permet à la personne d'utiliser ses mouvements des yeux pour l'actionner. Elle est équipée d'une barre capteurs noire connectée via USB. Elle utilise deux caméras infrarouges pour localiser la position de l'œil [9], est programmée de façon à tolérer les mouvements de la tête. Mais l'utilisateur a toujours besoin d'employer son bras pour la contrôler. De plus le traitement des mouvements des yeux reste lent et long ce qui ralentit le déclenchement du synthétiseur vocal. Enfin la grande taille de la tablette peut gêner l'utilisateur dans le déplacement. Vous trouvez dans la figure 9 ci-dessous son image.



Figure 9 : « TOBII » avec la barre des capteurs qui est connectée à la tablette

6. « Automatic camera based eye controlled wheelchair system using raspberry Pi » : article réalisé par DULAR SAHU avec la collaboration du campus technique « Shree Shankaracharya Bhila » en Inde [19]. Ce système place une caméra devant l'utilisateur, qui est responsable de capturer les mouvements des yeux. Le moteur reçoit le traitement des yeux et contrôle par la suite le système avec un « Raspberry Pi ». Il est équipé par de capteurs qui garantissent la sécurité de la personne. Les avantages sont certains mais ils n'ont pas pris en considération la nécessité pour la personne d'avoir devant elle un écran afin de contrôler elle-même librement son déplacement.
7. « Voice Controlled Wheelchair using Speaker Dependent Voice Recognition and Improved Formant Frequency Location Method », réalisé par des étudiant et publié en janvier 2016. Leur système est basé sur l'usage des commandes vocales (à l'aide de haut-parleurs) pour diriger le fauteuil. Ce système peut résoudre les problèmes de beaucoup de gens, mais malheureusement pas dans notre cas, puisque comme on l'a déjà expliqué dans la partie de la présentation du handicap les personnes quadriplégiques ont des difficultés à parler, ce qui engendre des problèmes pour la reconnaissance vocale.

Malgré cet inconvénient je suggère toutefois par la suite l'utilisation du synthétiseur vocal d'une autre façon. En effet je proposerai que l'utilisateur prépare des phrases à l'avance et ai recours à cette option si besoin.

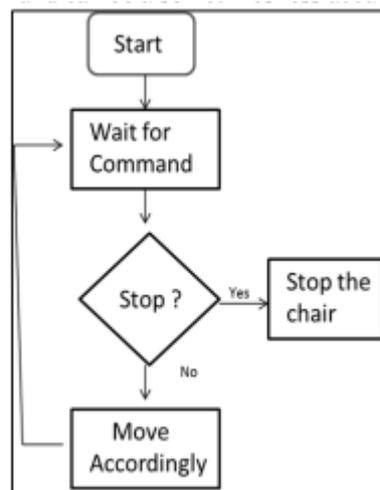


Figure 10 : schéma du processus du contrôle du système

Dans la suite je présenterai et j'expliquerai mes suggestions pour l'avancement du système que je propose.

8.2. Propositions par rapport à ce qui était envisagé et réalisation :

L'idée initiale pour réaliser le système était de :

1. Placer des caméras autour de la salle
2. Ces caméras vont par la suite détecter les mouvements des yeux
3. Elles dirigent le fauteuil roulant selon la destination choisie par l'utilisateur.

Mais après avoir réfléchi à ce niveau, j'ai remarqué que si l'utilisateur veut sortir de la salle il se trouve totalement bloqué et le système ne répond plus. Cela rend cette proposition non efficace. Donc j'ai proposé d'installer une tablette équipée par deux caméras en face de la personne. Celle-ci peut alors aller sur l'écran des commandes du fauteuil librement et choisir sa destination, sans être obligée de rester tout le temps coincée dans la salle. J'ai souhaité de cette façon répondre aux besoins de confort et autonomie des utilisateurs tout en bénéficiant d'un système simple. Celui-ci est en effet équipé de capteurs qui détectent les obstacles pour assurer la sécurité de la personne. Un bras connecté au fauteuil compense les membres supérieurs.

L'architecture des écrans proposée et le placement des tablettes en face des utilisateurs ont été validées par deux utilisateurs IMC – quadriplégiques et une professionnelle de santé, Mme GUILLOT – ergonomiste, après notre visite à l'association Notre Dame à Paris.

8.2.1. La méthodologie utilisée :

Notre système est divisé en plusieurs étapes. La première est le processus de reconnaissance de traitement de l'image. Dans la figure 11 ci-dessous vous trouvez l'architecture ou les étapes du traitement de l'image. Puis dans la figure 12 vous trouvez les étapes de l'implémentation de traitement de l'image.

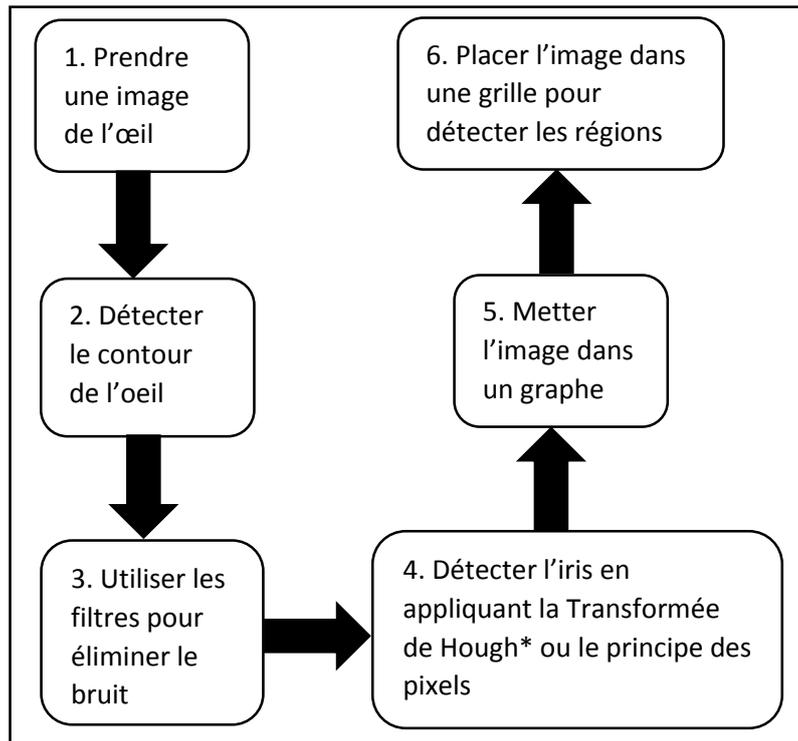


Figure 11 : Etape 1 : Schéma du processus de reconnaissance et traitement de l'image

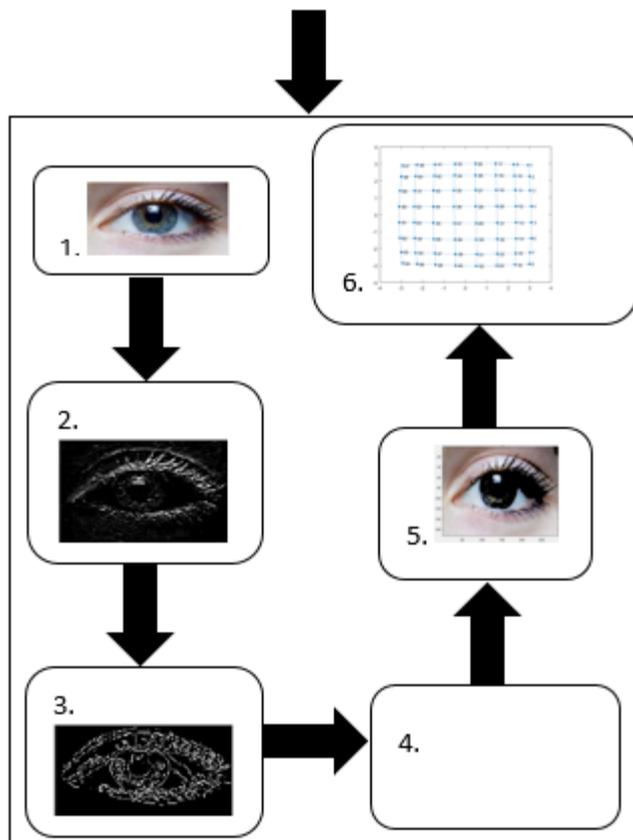


Figure 12 : Etape 2 : L'application des phases de traitement de l'image

La « Transformée de Hough » est appliquée dans le principe de la segmentation de l'image afin de détecter des objets bien précis dans l'image (comme les cercles). Elle a comme avantage d'être insensible au bruit.

8.2.2. Traitement de l'image :

Dans la figure 13 ci-dessous, vous trouvez les images originales, converties par la suite en niveau de gris puis l'application de plusieurs filtres afin de comparer les résultats et d'appliquer les meilleurs résultats au système.

On peut brièvement définir ainsi les filtres et la différence entre eux.

8.2.2.1. Filtres et contours :

Les filtres sont l'un des moyens ou outils utilisés dans le traitement de l'image [26]. Chaque filtre a des caractéristiques distinctes. Chaque personne applique le filtre qui lui convient pendant le traitement des images. Il n'y a donc pas de hiérarchie entre ces filtres, chacun ayant son utilité selon le but souhaité.

Citons quelques exemples des caractéristiques de chaque filtre :

1. L'une des caractéristiques du filtre Laplacien : elle met en valeur les détails et est idéale pour rendre visible le contour des objets.
2. Le filtre Gaussien offre un bon compromis entre la quantité à supprimer et la qualité de l'image à conserver.
3. Le filtre Canny permet une bonne détection des contours, minimise les distances entre les contours détectés et les contours réels.

Alors, comme on voit dans les images ci-dessous il ne faut pas juste regarder les caractéristiques des filtres et se baser dessus. Mais il faut plutôt chercher à voir leur effet, car certains d'entre eux présentent parfois lors de l'application des résultats étonnamment positifs.

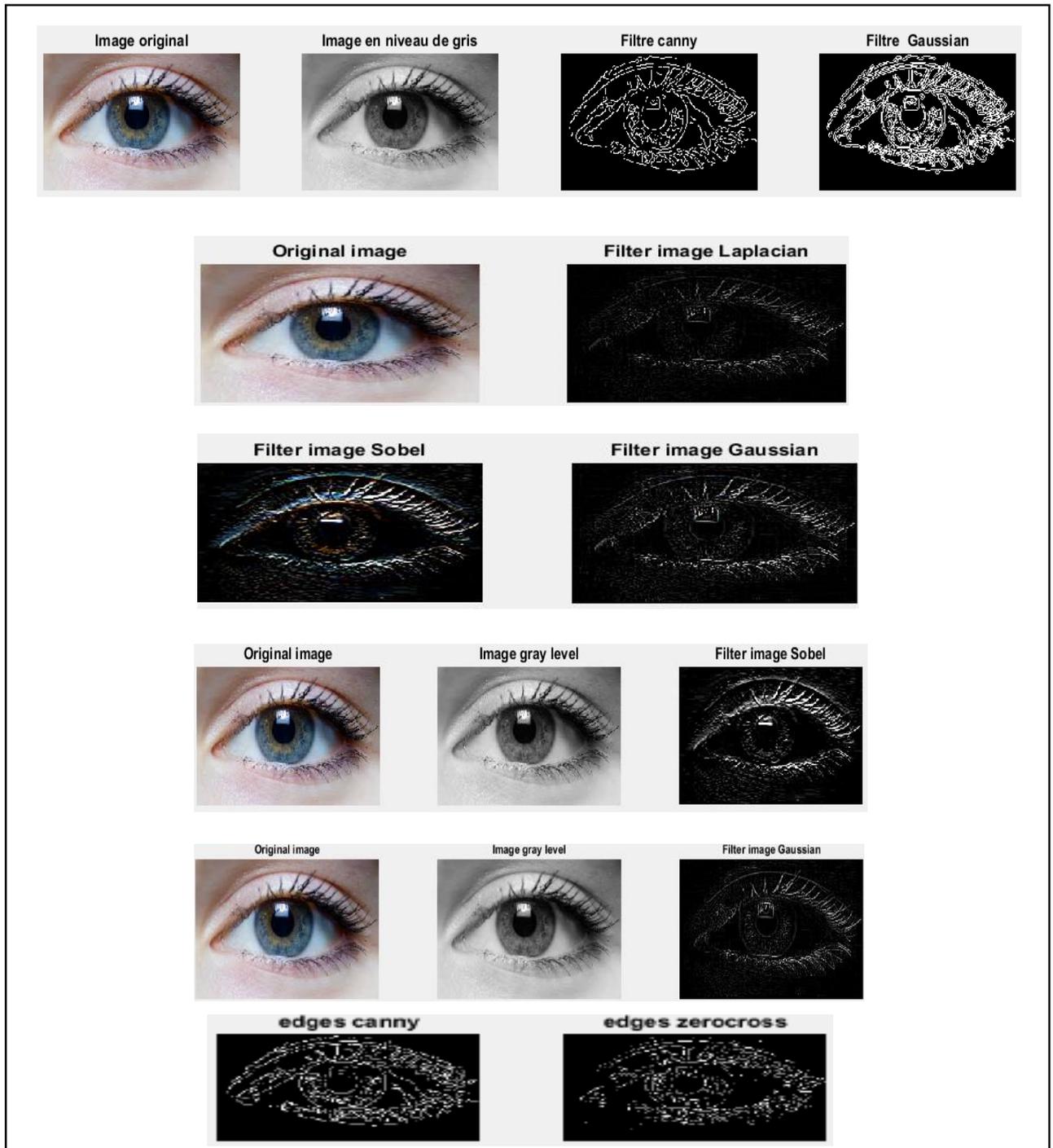


Figure 13 : étape 1 : L'application de niveau gris sur les images puis l'utilisation de différents filtres pour comparer les résultats

8.2.3. L'utilisation de la caméra :

Par la suite, je me suis arrêtée me disant que dans la réalité on ne trouvera pas d'images parfaites et idéales. C'est pourquoi j'ai utilisé une caméra normale et « non-professionnelle ». J'ai appliqué de nouveau le traitement de l'image, mais cette fois ci avec différentes contraintes et méthodes.

Car appliquer le traitement sur la plus « mauvaise image » nous aide plus tard à améliorer le fonctionnement du système.

J'ai utilisé la caméra « Carl Zeiss Tessar HD 1080p Logitech » [29] qui était au laboratoire dont les caractéristiques sont les suivantes :

1. Lentille en verre HD
2. Appels vidéos en « Full HD (Hight Definition) » 1080p
3. Capture vidéo et photo
4. Suivi du visage
5. Détection des mouvements

Au début quand j'ai commencé le traitement, j'ai essayé d'appliquer le niveau gris et les filtres comme auparavant, mais les résultats obtenus étaient catastrophiques et inutilisables, comme vous le voyez dans la figure 14 ci-dessous :

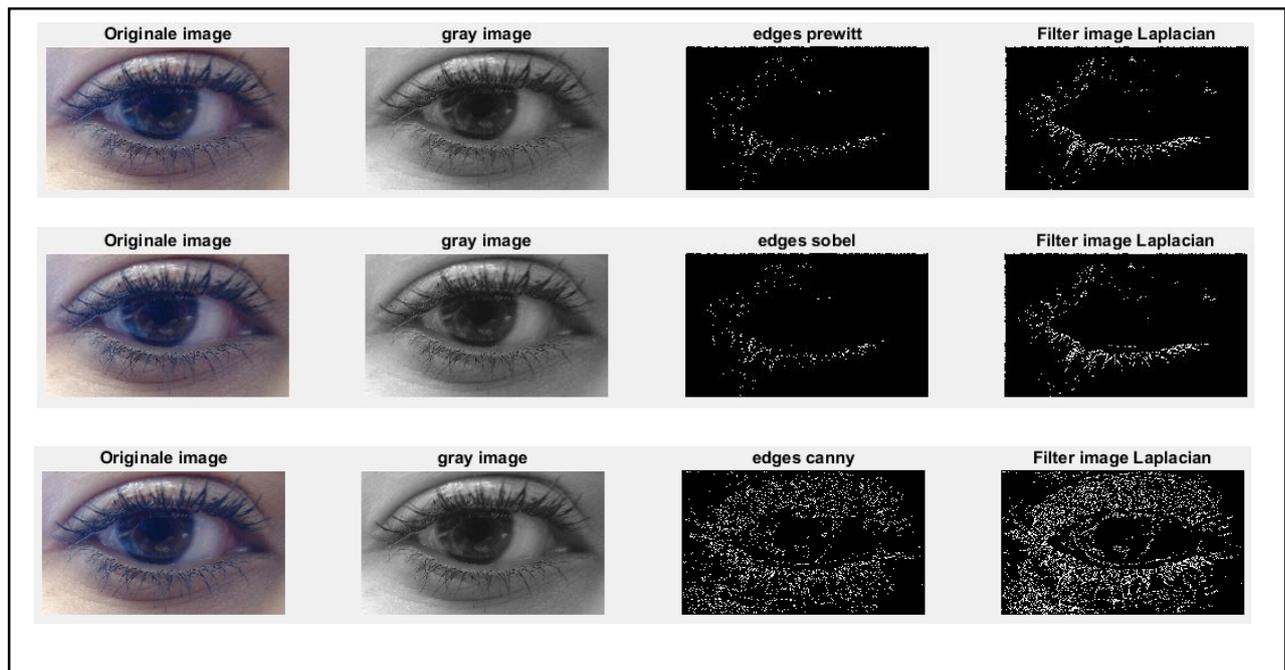


Figure 14 : Etape 1 : L'application des filtres et le niveau de gris

Par la suite j'ai converti l'image en binaire pour pouvoir détecter le problème et le résoudre. En l'appliquant, j'ai obtenu ensuite le résultat que vous voyez dans la figure 15 ci-dessous.

En fait, je n'ai pas utilisé le niveau de gris car il ne permettait pas de voir le problème.

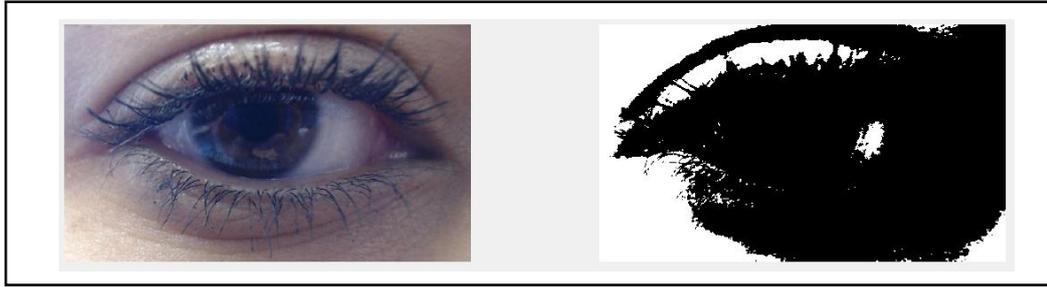


Figure 15 : Etape 1 : L'image originale et l'image en binaire de gauche à droite

J'ai également envisagé que le problème soit lié à l'éclairage, et ai donc appliqué le traitement adéquat comme dans les figures 16, 17 et 18 ci-dessous.



Figure 16 : Etape 1 : Résultat avant traitement

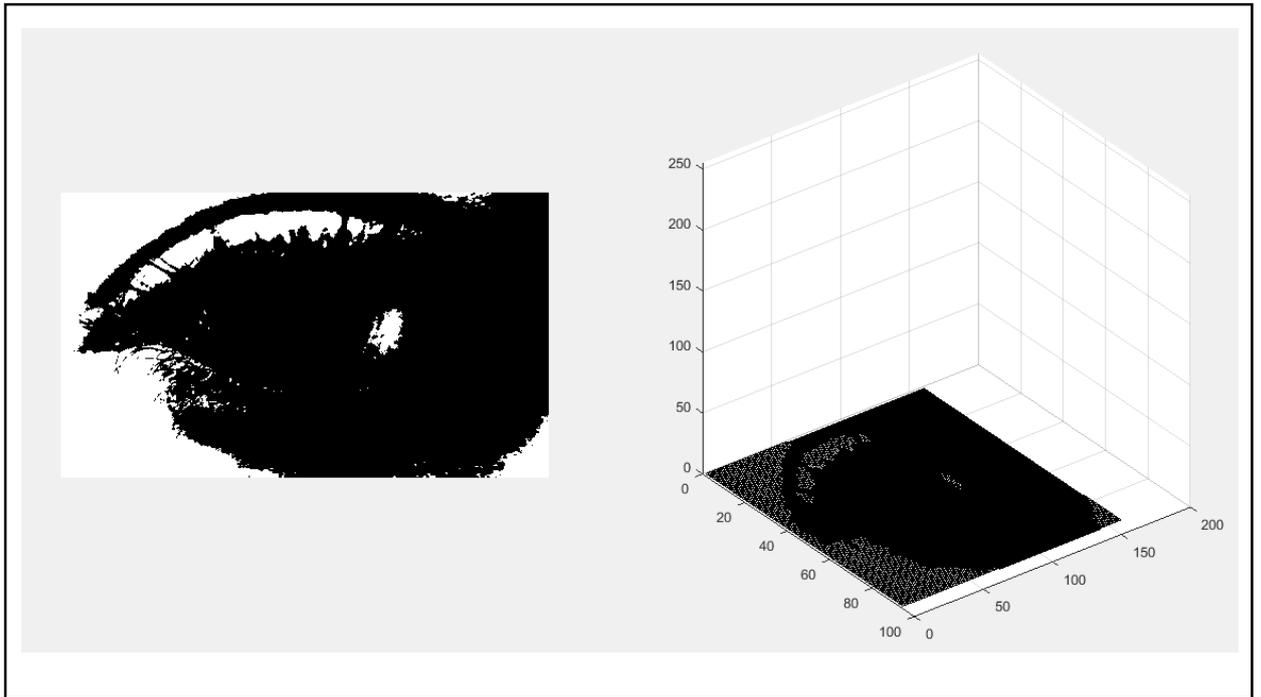


Figure 17 : Etape 1 : Eliminer la luminosité et la traiter

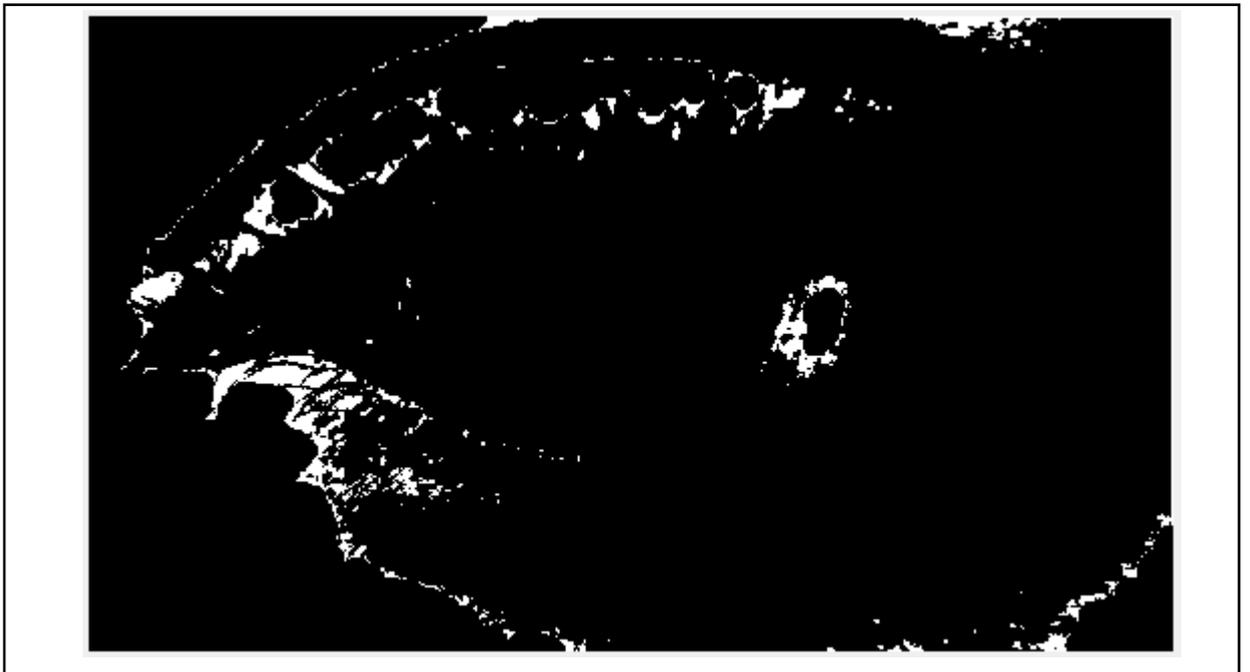


Figure 18 : Etape 1 : Le résultat obtenu

Quand on regarde les figures 15 et 16 on remarque toujours qu'on a le même résultat et l'absence d'amélioration empêche toujours de continuer le traitement.

Par la suite j'ai discuté avec M. Ammar KHALAF, professeur à l'école EFREI qui a fait sa thèse en traitement de l'image. Il m'a aidée à prendre conscience que le problème résidait dans le contraste de l'image.

Voilà une définition du concept « contraste » : c'est la répartition lumineuse d'une image soient les parties claires et sombres.

8.2.4. Comparaison des résultats :

Une fois le problème du contraste résolu, on remarque la différence entre l'histogramme de l'image originale et l'image traitée. Je présenterai les nouveaux résultats en les comparant avec les précédentes images ci-dessous.

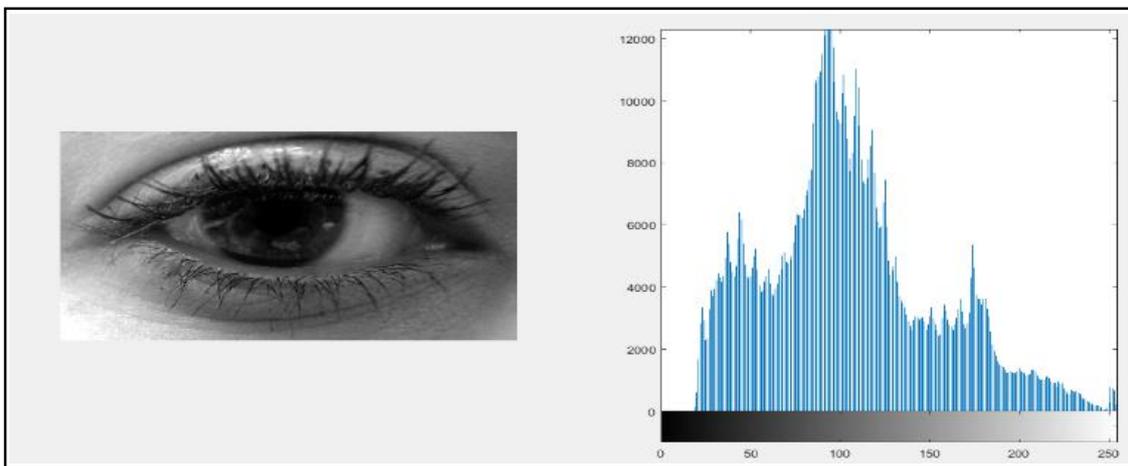


Figure 19 : l'histogramme de l'image originale avant de gérer le contraste

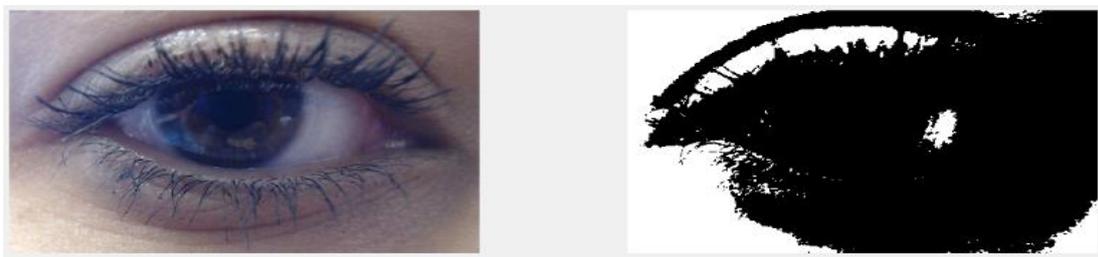


Figure 20 : La conversion binaire de l'image originale avant le traitement

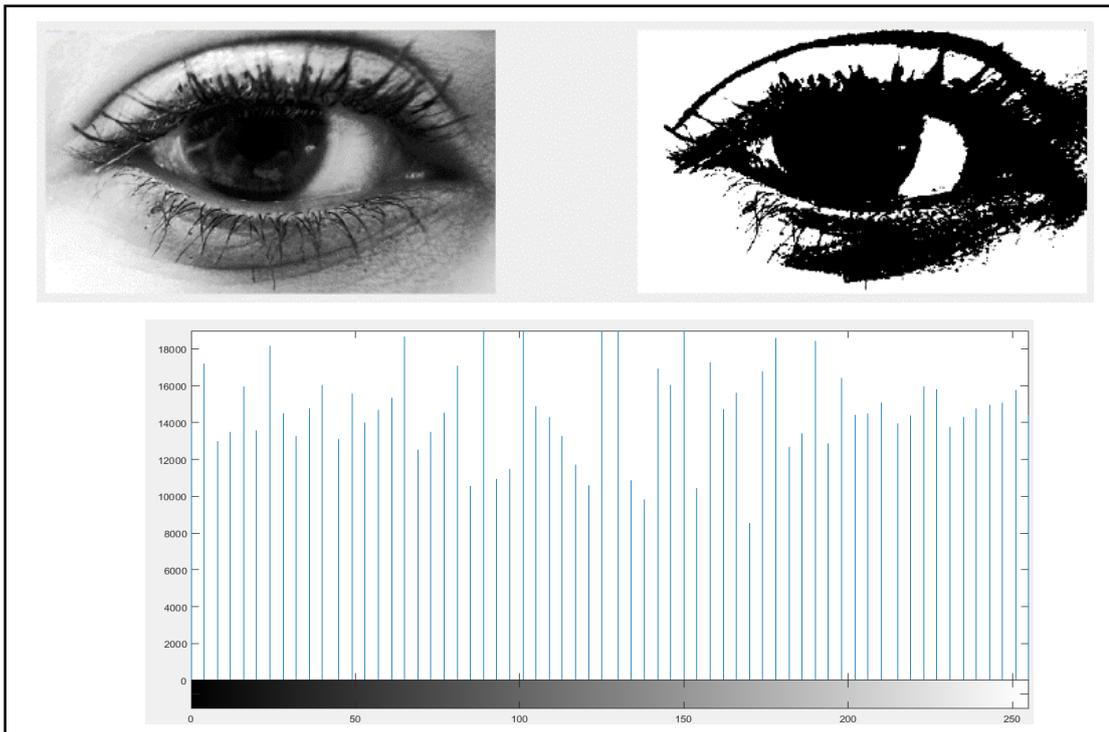


Figure 21 : Etape 1 : l'image binaire de la figure traitée avec son histogramme

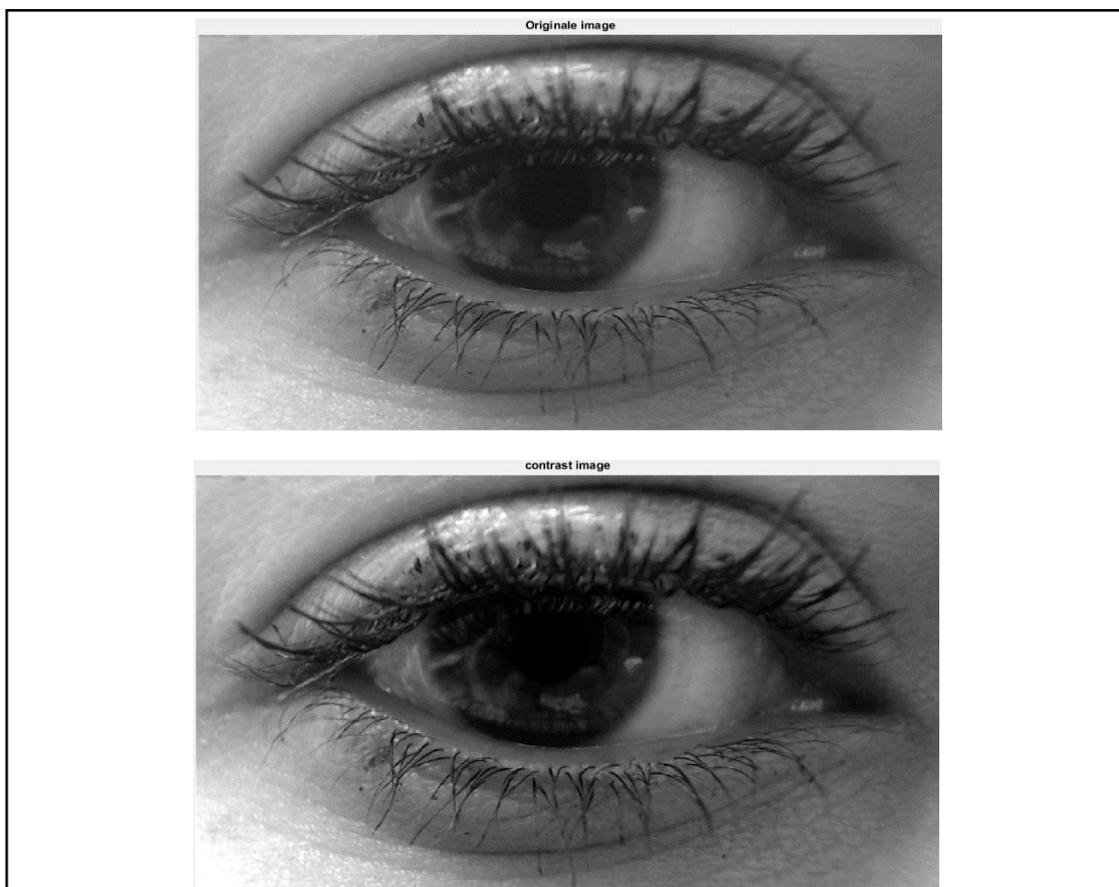


Figure 22 : Etape 1 : l'image originale et l'image contrastée de haut en bas respectivement

On remarque bien ici la différence entre les deux histogrammes des images. Les pixels dans l'histogramme de l'image originale étaient plus collés que dans l'histogramme de l'image contrastée. On observe que les pixels dans le second histogramme sont plus éloignés. C'est pourquoi la résolution binaire de l'image était noire et non pas claire.

Après avoir réussi à améliorer la qualité de l'image, je peux maintenant détecter les mouvements des yeux. Je travaille alors sur le code pour détecter l'iris bien qu'il ne soit pas encore complet.

Par la suite je présenterai les différentes étapes que je suggère de respecter dans le déroulement du travail.

8.2.5. Présentation des autres étapes proposées du système :

Après la phase de traitement de l'image, il faut implémenter tout le contenu dans la tablette pour pouvoir commander le robot par la suite. Pour cela j'ai proposé une forme d'écran simple et clair, qui était validé par l'ergonome de l'association Notre-Dame et les utilisateurs.

J'ai choisi de placer les quatre commandes avec les flèches désignant le sens de la direction au milieu de l'écran. Le logo affiché en haut à gauche de l'écran désigne les commandes liées à ce dernier et le logo en bas à droite de la page indique de passer à une autre page. Voici les figures 23 et 24.

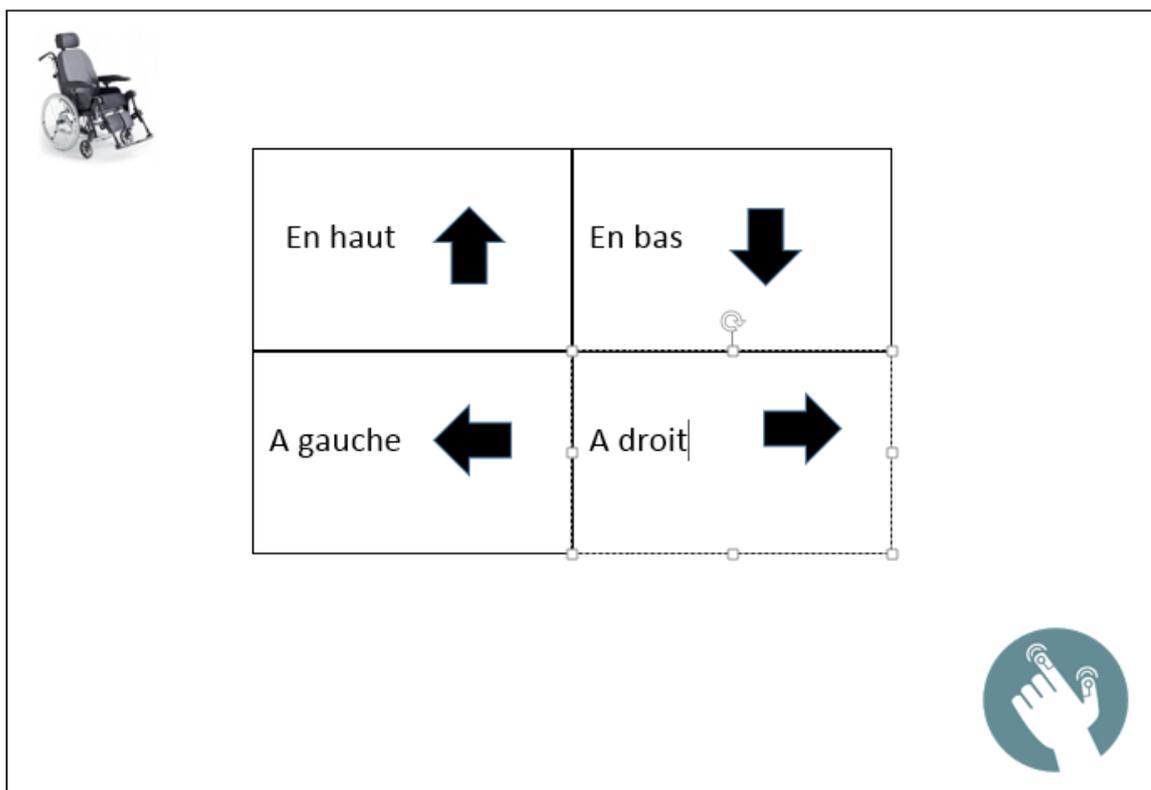


Figure 23 : Etape 2 : l'architecture des commandes de l'écran du fauteuil roulant

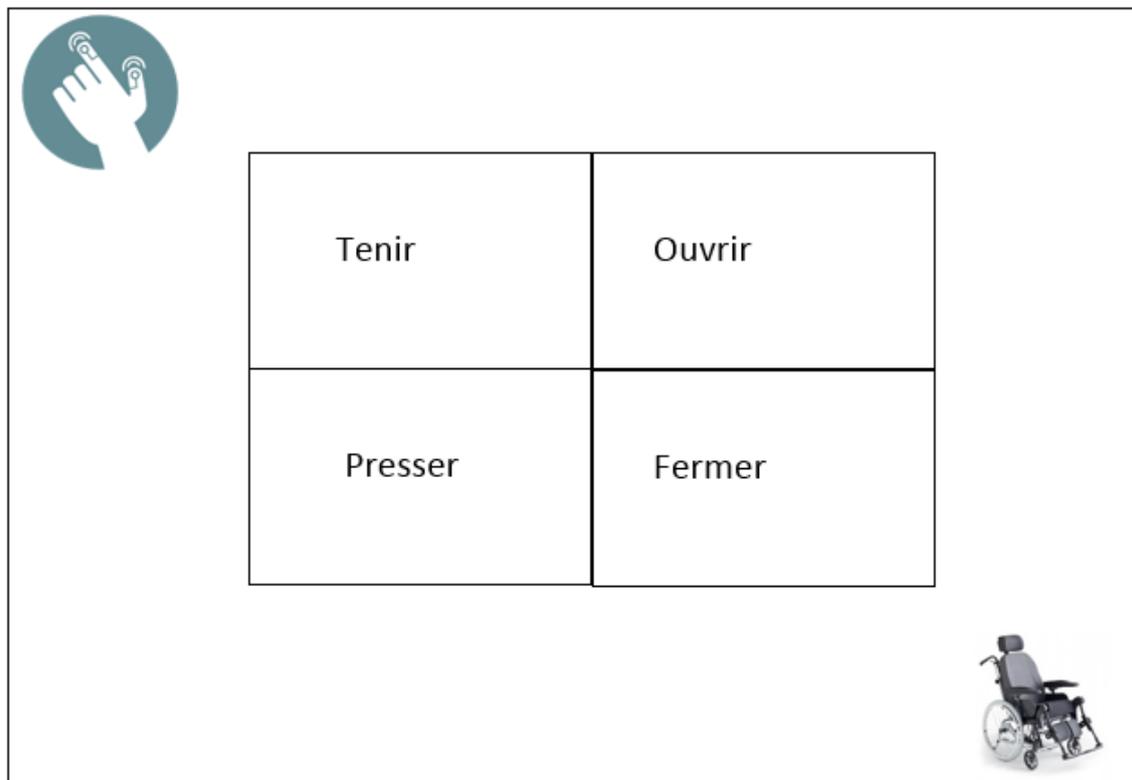


Figure 24 : Etape 2 : l'architecture des commandes de l'écran du bras

Dans la figure 23, j'ai choisi de proposer un écran aussi simple, clair et pas fatigant pour qu'il soit utilisé aisément par le plus grand nombre possible de gens souffrant d'une quadriplégie ainsi que ceux associés à une déficience intellectuelle. J'ai ajouté les flèches pour désigner les sens et pouvoir se repérer facilement. Cette proposition était validée et approuvée par Mme GUILLOT (Ergonome à l'association Notre-Dame) et les utilisateurs présents lors de la visite.

Pour démarrer le système, l'utilisateur doit fixer son regard sur l'une des commandes et cligner une fois des yeux. Pour l'arrêter il doit répéter le même acte mais en clignant deux fois. Pour changer l'écran du fauteuil roulant et passer à l'écran du bras, l'utilisateur doit aussi fixer son regard sur le logo du bras en bas à droite de l'écran pour y accéder. Et lui faut répéter la même opération pour accéder à l'écran du fauteuil roulant.

Par la suite j'ai pensé à placer la tablette perpendiculairement en face de l'axe de l'œil de l'utilisateur. Et bien sur cette étape a dû être aussi validée lors de notre visite car il fallait s'assurer que ce placement de la tablette ne gêne pas le champ visuel de la personne. Voici la figure 25 qui explique cette étape.

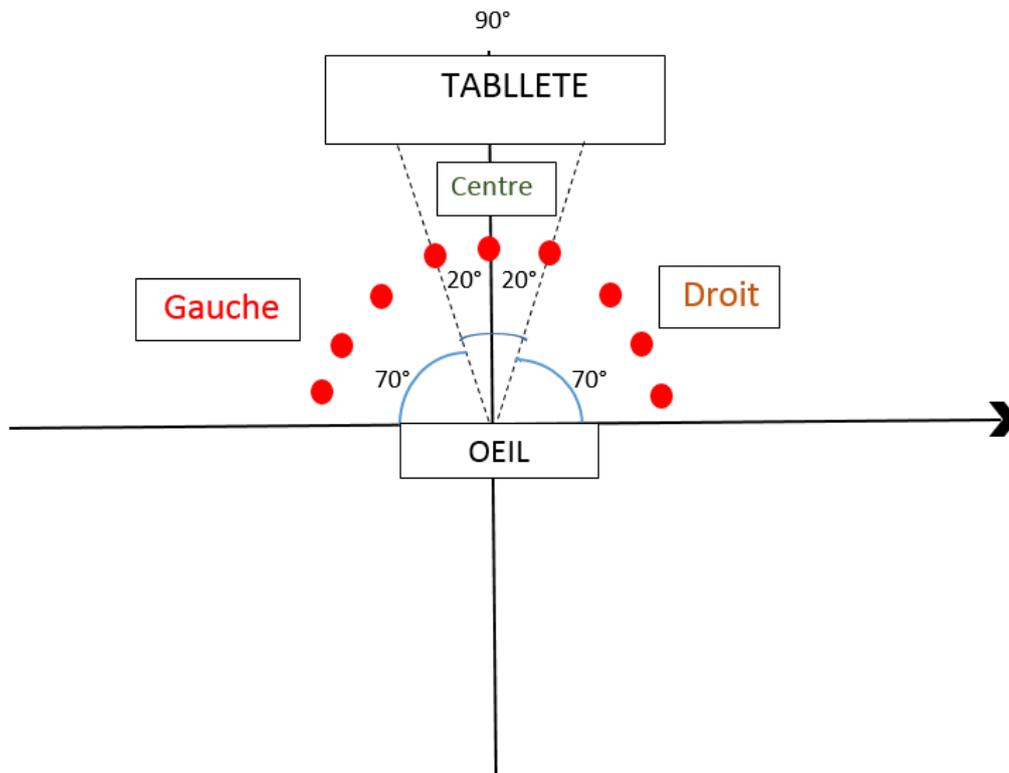


Figure 25 : Etape 3 : Méthode basée sur la mesure des angles pour calculer la distance de l'utilisateur en face de la tablette

Le système est basé sur la déviation de la pupille sur un point fixe de la tablette. Donc nous devons à tout moment mesurer l'angle entre le point fixe et l'angle de l'iris puisqu'il change avec le mouvement des yeux. Comme dans la figure 25 ci-dessus où j'ai fixé un point de référence (à 90°) sur la tablette, le point de référence et le centre de l'œil font un axe. L'angle entre cet axe et l'axe horizontal varie de 0° à 180° . J'ai défini trois régions : droit (de 0° à 70°), centre (70° à 110°) et gauche (de 110° à 180°).

Un algorithme va être mis en place pour calculer l'angle entre le point fixe et l'iris, et ensuite comparer avec le mouvement oculaire (gauche, droit et centre) pour savoir la direction voulue. Finalement le système est commandé et va pouvoir se mettre en route. Connecté via wifi à la tablette et au moteur, il donnera l'ordre au fauteuil de se diriger.

Les points rouges sur la figure 25 désignent les mouvements de la tête. On les mesurera en appliquant la méthode utilisée dans l'article [14] qui tolère les mouvements de la tête de $\pm 5\text{cm}$ en arrière et en arrière.

8.3. Contact et retour positive des propositions :

Cette dernière étape a obtenu l'aval des interlocuteurs de l'association Notre Dame. Ils ont été sollicités dans un questionnaire qui figure dans l'annexe 2.

8.3.1. Présentation de l'association Notre-Dame :

C'est une association reconnue d'utilité publique depuis 1855, située à Neuilly Sur Seine - Paris. Elle accueille des personnes en situation de handicap moteur. Elle possède un centre pour enfants et adolescents qui a comme but d'assurer leur scolarisation et leur éducation en interne ou en externe et en postopératoire. Elle assure aussi la gestion des personnels d'un service de soins à domicile chargé de suivre la scolarité individuelle de 68 enfants dans des classes ordinaires ou à projet d'accompagnement (CLIS et ULIS). Elle accueille en outre des adultes qu'elle héberge et dans le cadre d'accueil de jour en maison d'accueil spécialisé [30].

9. Prise de recul :

Pendant la période de mon stage j'ai été confrontée à plusieurs problèmes mais j'ai en même temps appris de nombreuses informations en cherchant des solutions et la façon adéquate de répondre aux besoins des gens souffrant des difficultés.

9.1. Connaissances acquises :

Pendant ces 5 mois, j'ai eu l'occasion d'approfondir mes recherches en enrichissant mes connaissances concernant « l'Eye-Tracking », les systèmes existants à son sujet et les différents fauteuils, systèmes et méthodes réalisés pour une mise à disposition des personnes souffrant d'une infirmité motrice cérébrale.

J'ai appris comment écrire et rédiger un article, reformuler en anglais et perfectionner mon français. Enrichir les savoir-faire au niveau du traitement de l'image, les angles, Matlab, etc. Ce stage m'a permis d'être plus à l'écoute des utilisateurs à propos de leurs suggestions du fauteuil roulant qu'ils désirent. Notre visite à l'association Notre Dame a été fondamentale pour cela, soulignant la nécessité de faire preuve d'adaptation aux témoignages des utilisateurs eux-mêmes et les professionnels de santé. J'ai compris combien l'échange doit être constant pendant toute la conception du projet, permettant de profiter très positivement et utilement des informations données par les personnes concernées.

9.2. Problèmes rencontrés :

Il me semble intéressant de désigner les difficultés que j'ai dû affronter durant ce stage. Certaines ont constitué de réels obstacles qui m'ont ralenti en exigeant de ma part un travail supplémentaire et intensif :

1. Se familiariser avec le sujet de l'Eye-Tracking qui a exigé un temps de compréhension.
2. Se familiariser aussi avec les différentes méthodes utilisées dans le traitement de l'image. Toute manipulation nécessitait de faire des recherches pour m'approprier le sujet et en comprendre le sens et les différents aspects.
3. L'état de l'art qui a pris plus de temps que prévu puisque j'ai souhaité modifier la façon de procéder dans le déroulement du projet. En effet je m'imposais une vigilance constante, pour ne pas refaire les mêmes erreurs. Je m'appuyais pour cela sur les travaux antérieurement réalisés qu'il m'a fallu étudier et confronter.
4. Le souci d'obtenir une meilleure qualité d'image pour pouvoir avancer dans la mise en place du projet. N'étant pas familière de ce domaine, j'ai longuement tâtonné, expérimenté, avant de pouvoir cibler le problème et le gérer.
5. La nécessité d'apprendre parallèlement le langage du logiciel « Matlab » dont je n'avais qu'une connaissance très superficielle.

De plus l'éloignement et les temps de transports pour me rendre sur place (3 heures par jour) me prenaient beaucoup de temps.

Cette expérience a toutefois été très formatrice et source d'enrichissement.

10. Conclusion et perspectives :

Tout au long de ce stage, j'ai fait de nombreuses découvertes qui me seront toujours utiles dans ma future vie professionnelle.

J'ai découvert un nouveau domaine de travail et développé ma curiosité et ma capacité d'initiative. C'était l'opportunité de pénétrer dans un laboratoire de recherche, d'observer son fonctionnement et peu à peu d'y trouver ma place. J'ai vérifié l'importance de travailler en équipe en mutualisant les savoirs, les questionnements et en partageant toute une méthodologie. Il me semblait nécessaire de prendre un temps d'information et de documentation tout en m'engageant progressivement dans la construction du projet. C'est une démarche que j'ai toujours entretenue, comme recours incessant pour pouvoir alimenter ma réflexion et trouver les solutions.

C'était une occasion pour moi d'apprendre toujours plus sur des sujets qui ne m'étaient pas familiers (par exemple : « l'Eye-tracking »). Tout ce cheminement a été passionnant : découvrir, chercher, lire, analyser, interroger, tâtonner, déduire, proposer et expérimenter sont autant de démarches que j'aimerais continuer de mener.

En apprenant à réaliser ce projet j'ai développé mon souhait de toujours trouver une nouvelle solution susceptible d'améliorer les conditions de vie de ce public en difficulté auquel j'ai choisi de me consacrer depuis le début de mes études « Orthopédagogie ».

J'ai compris aussi lors des échanges avec les membres de l'association Notre-Dame combien leur expérience est irremplaçable pour définir les modalités de la réponse que le chercheur va tenter de proposer (écouter leurs attentes et leurs désirs du fauteuil qui répondrait à leurs manques, exemple : avoir un GPS pour pouvoir se promener seule, disposer d'un écran sans la gêne des reflets et la luminosité). C'est un élément qui me paraît fondamental et qui humanise un travail technique indispensable.

Dans ce sens j'y trouve une complémentarité essentielle entre une compétence humaine et une autre, technique, qui s'associent pour un meilleur résultat.

Je termine ce stage avec d'autres envies et imagine quels autres projets pourraient être travaillés : synthétiseur vocal, GPS, appels d'urgence lorsque l'utilisateur se perd, connexion à internet, etc.

Référence :

- [1] U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, U.S. CENSUS BUREAU, Washington, DC 20233, OFFICIAL BUSINESS J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [2] Policy for disabled in France, “La France a la loupe”, February 2006 updated in August 2007, REPUBLIQUE FRANCAISE MINISTERE DES AFFAIRES ETRANGERES ET EUROPEENNES.
- [3] Marc Payet, le Parisian, vol. 5, 8 July 2004 at 0h00.
- [4] BrainandSpinalCord.org, Sponsored by Newsome Melton LLP, is a resource for brain and spinal cord injury survivors and their families to learn more informations about medical conditions, rehabilitation, and legal options.
- [5] Definition of eye tracking from the Cambridge Business English Dictionary © Cambridge University Press
- [6] Inc.'s International distributor network, Eye Tracking, , Distributors – Software and Hardware, INFO@EyeTracking.Com, 512 Via De La Valle, Suite 200 Solana Beach, CA 92075
- [7] Patrick Joyce – Team caption, Steve Evans – Test pilot, David Hopkinson – Film maker, “Eyedrivomatic”, 24/04/2015
- [8] Definition of Eye Tracking in January 2013, contributors by Stan Gibilisco, posted by Margaret Rouse
- [9] Jeffrey Van Camp, “Eye Controlled The Tablet Without Touching it! - Tobii”, September 19,2013
- [10] ATRICK SIARRY, book IC2 “otpimisation en traitement du signal et de l'image”, la voisier, France, Februry 2007.
- [11] Agnes Desolneux MAP5, Quelques méthodes de segmentation d'images, Université Paris 5 ANR Mipomodim, 10 novembre 2006.
- [12] Dachuan Liu, Bo Dong, Xing Gao, and Haining Wang, « Exploiting Eya Tracking for Smartphone Authentication »; University of Delaware, Newark, DE, USA ; College of William and Mary, Williamsburg, VA, USA, {dliu, bdong, xinggao} @cs.wm.edu, hnw@udel.edu
- [13] M. Manimaraboopathy, M. Anto Bennet, P. Priyanka, K. Soniya, and S. Sudha, “IR Sensor Based Wheelchair System Using Raspberry Pi For Charcot-Marie-Tooth; Assistant Professor, Department of Electronics and Communication Engineering, VELTECH, Chennai-600062, India; Professor, Department of Electronics and Communication Engineering, VELTECH, Chennai-600062, India; UG Student, Department Of Electronics and Communicating Engineering, VELTECH, Cehnnai-600062, India.
- [14] Hu-Chuan Lu, Guo-Liang Fang, Chao Wang, Yen-wei Chen, “A novel method for gaze local pattern model and support vector regressor”; Department of Electronic Engineering, Dalina University of Technology, Dalian China; College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, Kusatsu, Japan, 2009.
- [15] D. Shastri, “Voice Controlled Wheelchair using Speaker Dependent Voice Recognition and Improved Formant Frequency Location Method”, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, vol. 1, Is. 12, May 2015, pp. 461-463.
- [16] [17] Myrijam Stoetzer and Paul Foltin, creating a wheelchair system controlled by tracking eye movements, Duisburg, Germany, 24/05/2015
- [18] Project details of Eyedromatic on Hackday.io
- [19] Dulari SAHU, « Automatic camera based eye controlled wheelchair system using raspberry pi”, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 1,

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

January 2016, PG student, Shree Shankaracharya Group of Institution, Shree Shankaracharya Technical Campus Junwani Bhilai (C.G.), C.S.V.T.U. Bhilai, India

[20] In Germany: PROJEKT FÜR JUGEND FORSCHT 2015 NORDRHEIN-WESTFALEN | DUISBURG ERWEITERTE FASSUNG FÜR DIE TEILNAHME AM BUNDESWETTBEWERB BEREICH ARBEITSWELT

[21] [30] Association of Notre-Dame at Paris, accueillir des personnes des personnes deficients moteurs, 2009, Neuilly sur seine, Paris.

[22] AllianSTIC, laboratoire de recherché en ingénieur généraliste en informatique et technologies du numérique, Villejuif, Paris.

[23] La communauté de raspberry Pi- planet libre, definition du raspberry Pi, mis a jours le 19 mai 2016

[24] La communauté de raspberry Pi- planet libre, definition du raspberry Pi 2, mis a jours le 19 mai 2016

[25] Automacile – Tutoriels arduino et d'electronique, 9 mars 2015,

[26] Elia KAHALE, « Cours de reconnaissances des formes et traitement de l'image », Master 1 ingénieur et cognition, Paris 8, deuxième semestre 2015.

[27] Dictionnaire la Rousse.

[28] Wikipédia, définition bibliothèque OpenCv.

[29] Logitech, HD Pro webcam, Haute definition 1080p, 2016.

ANNEXE

Annexe 1 :

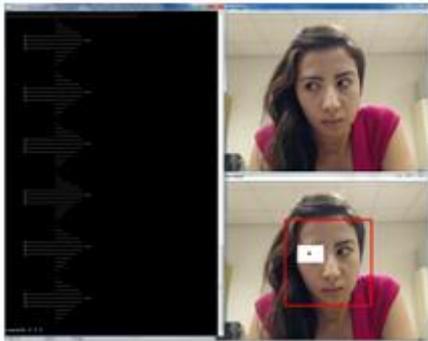


Figure (a) : A 45cm du camera en face en regardant à droite

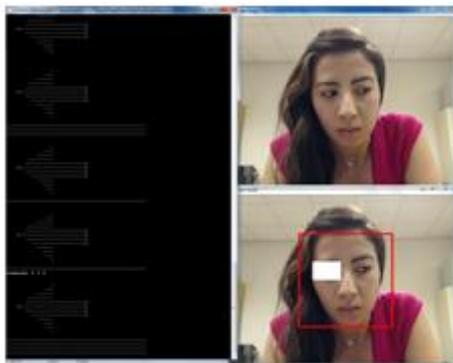


Figure (b) : A 45cm du camera en face en regardant à gauche

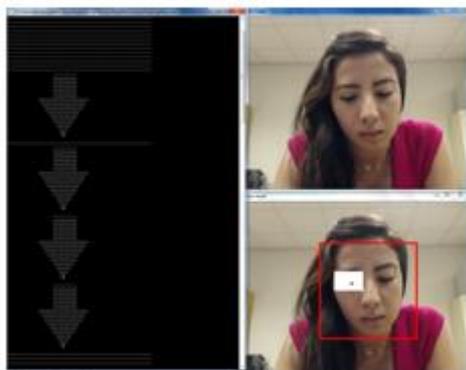


Figure (c) : A 45cm du camera en face en regardant en bas

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

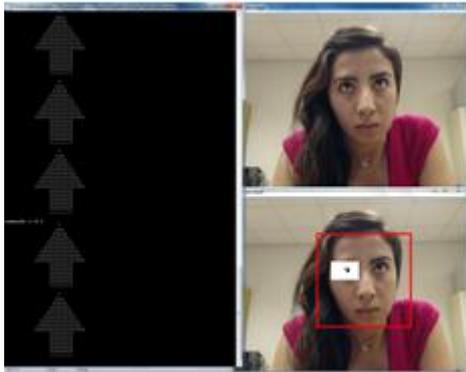


Figure (d) : A 45cm du camera en face en regardant en haut

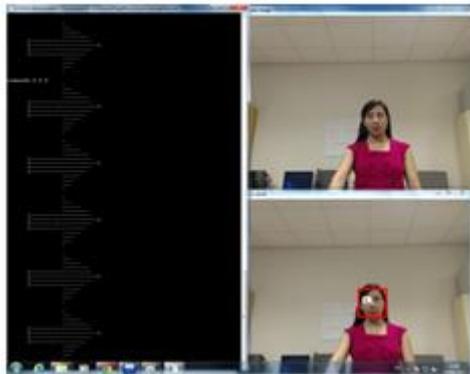


Figure (e) : A 172cm du camera en face en regardant à droite

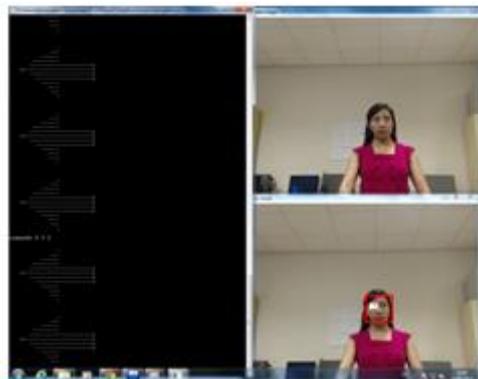


Figure (f) : A 172cm du camera en face en regardant à gauche

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

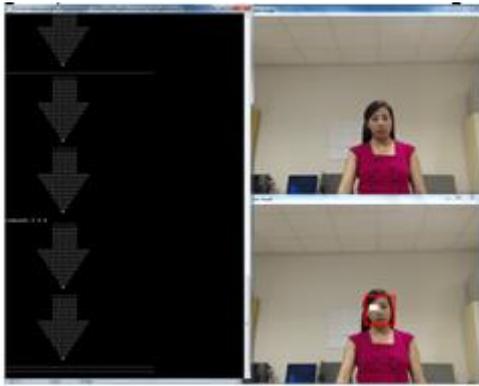


Figure (g) : A 172cm du camera en face en regardant en bas

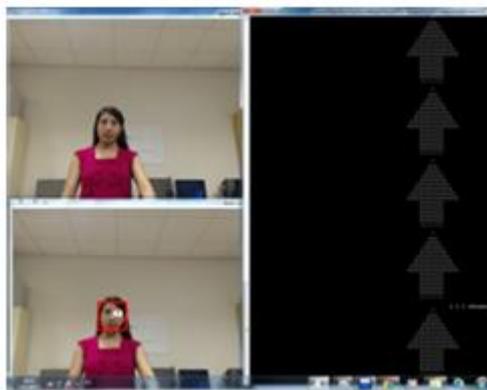


Figure (h) : A 172cm du camera en face en regardant en haut

Annexe 2 :

➤ **Questionnaire du placement de la tablette et les architectures des écrans**

Résumé du projet : notre projet est de réaliser un fauteuil roulant guidé par les mouvements des yeux sous forme des commandes, en plaçant la tablette devant l'utilisateur. Le system est équipé par de capteurs pour assurer la sécurité de l'utilisateur, et un bras pour permettre à l'utilisateur de manipuler les objets et d'accomplir les tâches de la vie quotidienne. L'objectif de ce questionnaire est d'une part de mesurer l'utilité, l'efficacité et le confort de l'utilisation de la tablette

Date : ... / ... / 20..

Identification : Monsieur Madame
Année de naissance :

Date de détection de la pathologie :

Quand la personne était pris en charge :

Cause de la pathologie :

- Accident
- Génétique
- Pendant le période de la grossesse
- Autres

Pathologies associées (en lien avec le handicap, séquelles, déficiences) :

- Difficulté de parler
- Epilepsie
- Autisme
- Déficience auditive
- Déficience visuel
- Autres

1. Questionnaire du placement de la tablette :

Sujet : Traitement de l'image pour commander un fauteuil roulant par les mouvements des yeux

A- Le placement de la tablette est :

Pas fatigante du tout	Peu fatigante	Assez fatigante	Totalement fatigante
X			

Le placement de la tablette par rapport au champ visuel de l'utilisateur est :

Pas gênant du tout	Peu gênant	Assez gênant	Totalement gênant
	X		

B- il y a d'autres fonctionnalités que vous aimeriez voir apparaître dans le placement de la tablette :

Oui

Non

Si oui lesquelles ?

.....
.....
.....
.....
.....

Scenario de test :

Scenario de test utilisateur patient :
1) le symbole qui se trouve en haut à gauche de la page signifie l'écran des commandes choisi (bras ou fauteuil)
2) fixer le regard sur une des commandes est cligné une fois pour démarrer le système et deux fois pour l'arrêter
3) le symbole qui se trouve en bas à droite de la page signifie aller sur l'autre écran des commandes (bras ou fauteuil)

2. Questionnaire des architectures des écrans :

A- L'utilisation des écrans est facile :

Pas facile du tout	Pas facile	Assez facile	Totalement facile
			X

L'utilisation des écrans est gênante :

Pas gênante du tout	Pas gênante	Assez gênante	Totalement gênante
X			

L'utilisation des écrans est compréhensible :

Pas compréhensible du tout	Pas compréhensible	Assez compréhensible	Totalement compréhensible

La présentation du contenu de l'écran est difficile :

Pas difficile du tout	Pas difficile	Assez difficile	Totalement difficile

B- il y a d'autres fonctionnalités que vous aimeriez voir apparaitre de contenu de l'écran :

Oui

Non

Si oui lesquelles ?

.....

.....

.....

.....

.....