

# PRESTON

PRÉVENTION EN SANTÉ AU TRAVAIL ET OUTILS NUMÉRIQUE

*Rapport de stage*

CHARBONNIER GAETAN

# RAPPORT DE STAGE

CHARBONNIER GAETAN

*Développement d'une solution permettant  
d'améliorer la santé des télétravailleurs*

École d'ingénieurs ISIS (Connected Health Lab), Castres

19/04/2021 - 25/05/2021



Stagiaire: Gaëtan Charbonnier (Promo 2022)

Maître de stage: Adrien Defossez

Tuteur académique: Rémi Bastide



# Table des matières

<b>Projet Preston</b>	4
<b>Résumé</b>	5
<b>Abstract</b>	5
<b>Remerciement</b>	6
<b>Glossaire</b>	7
<b>I. Cadre et objectifs</b>	8
<b>II. Télétravail et Posture</b>	9
<b>II.1. Le Télétravail</b>	9
<b>II.2. Référentiels de bonne posture en télétravail</b>	9
<b>II.3. Troubles musculosquelettiques</b>	11
<b>III. Réalisation</b>	13
<b>III.1. La démarche projet utilisée</b>	13
<b>III.2. Choix d'environnement technique et développement</b>	14
<b>III.3. Présentation des résultats obtenus</b>	15
<b>III.3.1.1. Facial landmarks avec dlib, opencv et python</b>	15
<b>III.3.1.2. Principe et visualisation de l'estimation du “Head pose estimation”</b>	17
<b>III.3.1.3. Choix du design de l'interface</b>	20
<b>IV. Gestion de projet</b>	21
<b>IV.1. Partie prenantes</b>	21
<b>IV.3. Principales difficultés rencontrées / moyens mis en œuvre pour y remédier.</b>	23
<b>V. Conclusion et perspectives</b>	25
<b>Portfolio individuel de connaissances</b>	26
<b>Bibliographie</b>	28
<b>Webographie</b>	28

## Projet Preston

Ce stage qui s'inscrit dans le [projet Preston](#) (Prévention en santé au travail et outils numériques) se donne pour objectif de contribuer à l'amélioration de la santé au travail. Ce projet vise à étudier les usages des outils numériques et les opportunités que ce type de solutions offre dans le cadre de la prévention en santé des salariés.

Le projet, d'une durée de 36 mois, est composé de deux volets. Tout d'abord une [étude sociologique](#) auprès de salariés de l'industrie portant sur la santé au travail associée ensuite au [développement de solutions numériques](#) contribuant à l'amélioration de la santé au travail, à la prévention des risques psychosociaux, des troubles musculosquelettiques, etc.

Ce stage est centré exclusivement sur ce second volet et est axé spécifiquement sur les [situations de télétravail](#) compte tenu de la situation actuelle de la crise du Covid-19.

Le projet n'a pas vocation à imposer des méthodes et des technologies aux salariés, mais au contraire, vise à co-concevoir des solutions en intégrant toutes les parties prenantes : usagers-salariés, chercheurs, concepteurs de solutions innovantes et acteurs de la prévention (mutuelles d'entreprise et médecine du travail).

## Résumé

Le télétravail est une discipline se popularisant de plus en plus ces dernières années, présentant des impacts encore flous. Pour les télétravailleurs, il n'existe à ce jour pas d'outil commercialisé permettant d'agir globalement et efficacement sur la santé physique et mentale de ces derniers. Ainsi, il existe un réel besoin d'amélioration de la santé des télétravailleurs.

Le projet PRESTON (Prévention en santé au travail et outils numériques), contextualisé plus tôt, financé par la région Occitanie vise à étudier les usages des outils numériques et à développer des solutions numériques contribuant à l'amélioration de la santé au travail.

Ce stage sera effectué au sein de la plateforme CHL (Connected Health Lab) de l'école d'ingénieurs ISIS (Informatique et Systèmes d'Information pour la Santé).

A l'issue de notre travail, le résultat attendu est le développement d'un prototype d'objet connecté situé sur le poste informatique du télétravailleur permettant de prévenir les troubles musculosquelettiques et de mesurer les perturbations environnementales. La solution doit permettre d'obtenir des données concernant la posture de travail (tenu du corps devant l'écran, distance, durée devant l'écran...) afin d'envisager des actions correctives.

## Abstract

Teleworking is a discipline that has become increasingly popular in recent years, with impacts that are still unclear. As far as teleworkers are concerned, there is currently no marketed tool that can act globally and effectively on their physical and mental health. Thus, there is a real need to improve the health of teleworkers.

The PRESTON project (Prevention in occupational health and digital tools), contextualized earlier, funded by the Occitanie region, aims to study the uses of digital tools and to develop digital solutions contributing to the improvement of health at work. This internship will be carried out within the CHL (Connected Health Lab) platform of the ISIS (Computer Science and Information Systems for Health) engineering school.

At the end of our work, the expected result is the development of a connected object prototype located on the teleworker's computer station, to prevent musculoskeletal disorders and measure environmental disturbances. The solution must provide data regarding the working posture (held in front of the screen, distance, duration in front of the screen, etc.) in order to consider corrective actions.

## Remerciement

Je tiens à remercier à travers ce rapport, toutes les personnes qui m'ont suivie et aidée lors de ce stage.

Tout d'abord, je tiens sincèrement à remercier la région Occitanie pour le financement de ce projet.

Je remercie également Monsieur Defossez Adrien pour sa confiance envers moi, pour son suivi et son soutien tout au long de ce stage. Merci aussi à Monsieur Bastide Rémi et Monsieur Carayol Éric pour leurs apports techniques et leur accompagnement à la plateforme CHL (Connected Health Lab) d'ISIS.

Pour finir, je tiens à chaleureusement remercier les étudiants présents en stage à mes côtés durant ces 10 semaines : Emma Salvan, Marie Nourrisson, Rayan Barbara, Sarah Mairia.

## Glossaire

Les définitions suivantes peuvent aider à la compréhension du rapport.

**Blocs fonctionnels** : Les blocs fonctionnels sont des sous-ensembles d'un objet technique permettant de satisfaire une ou plusieurs **fonctions techniques\***

**CHL** : Connected Health Lab

**CPU** : De l'anglais **central processing unit** ou unité centrale de traitement (UCT), terme représentant un processeur, un composant présent dans de nombreux dispositifs électroniques qui exécute les instructions machine des programmes informatiques.

**Fonctions Techniques** : Une fonction technique est une exigence technique ou une action interne au produit nécessaire à son fonctionnement qui répond aux fonctions de service.

**INRS** : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

**IUG** : interfaces utilisateur graphiques

**OpenCV** : Open Computer Vision

**OS** : Système d'exploitation

**TMS** : Troubles musculosquelettiques

## I. Cadre et objectifs

La prévention des risques professionnels constitue une obligation réglementaire inscrite dans le code du travail. Qu'il s'agisse de risques liés aux efforts physiques, à l'environnement de travail ou de risques psycho-sociaux, les risques professionnels sont multiples.

Il s'agira de développer un prototype permettant de prévenir les risques en santé tels que les troubles [musculosquelettiques](#) liés à la posture de travail et plus globalement les risques physiques et environnementaux en situation de [télétravail](#).

Nous pourrons nous appuyer sur une étude préalable qui a permis de cibler des pistes de travail quant à la nature de la solution à développer et à l'environnement technique approprié.

Les objectifs principaux, ayant été fixés lors de la première réunion, sont le développement d'un [programme](#) permettant l'utilisation d'une webcam située sur le poste informatique du télétravailleur permettant de déterminer les indicateurs de "bonne posture". Le programme doit permettre d'obtenir les données concernant [la posture de travail](#) (tenu du corps devant l'écran, distance, durée devant l'écran, etc.) et de visualiser ces données de posture du télétravailleur dans le but de prévenir les troubles musculosquelettiques amenant à déterminer des actions correctives.

Dans un premier temps, nous présenterons ce que représente le télétravail, et les référentiels majeurs de posture en télétravail. Une fois ces référentiels fixés, nous évoquerons notre démarche projet ainsi que notre choix de langage de programmation. Nous exposerons ensuite nos réalisations et rentrerons plus en détail dans les résultats obtenus.

Suite à cela, nous reviendrons sur le travail de la gestion de projet ayant été effectué pour mener à bien ce travail. Pour conclure ce rapport, nous retrouverons un bilan personnel présentant ce qu'un tel projet a pu m'apporter.

La plateforme CHL (Connected Health Lab) d'ISIS sera mobilisée pour effectuer les tests de la solution développée.

## II. Télétravail et Posture

### II.1. Le Télétravail

“Le télétravail est une forme d'organisation du travail basée sur les technologies de l'information et de la communication (TIC). Le télétravail permet ou impose au salarié de travailler ailleurs que dans les locaux de son employeur.”<sup>1</sup>

Le salarié peut donc travailler soit chez lui, soit dans un télécentre (s'il habite loin de son entreprise ou s'il a une profession nomade par exemple).

Il existe 2 formes de télétravail :

- Le télétravail **régulier** permet d'avoir une régularité dans l'emploi du temps. Ce dispositif est précisé dans l'accord collectif ou dans la charte élaborée par l'employeur après avis du CSE s'il existe.
- Le télétravail **occasionnel** permet, dans des circonstances exceptionnelles (épidémie de Covid-19, par exemple), de mettre en place ce dispositif.

### II.2. Référentiels de bonne posture en télétravail

Pendant cette période de confinement en pleine ère numérique, nombreux sont ceux qui télétravaillent. Il n'est cependant pas facile de soigner sa posture dans ces conditions particulières : travailler sur un ordinateur portable, ne pas avoir de siège ajustable...

Le problème majeur étant que de mauvaises positions prolongées peuvent provoquer, sur le long terme, des inconforts, voire même des douleurs.

Le but étant d'aménager au mieux son poste de travail à la maison et de soigner au maximum sa position assise. Pour cela, les quelques référentiels et conseils suivants sont à prescrire :

---

<sup>1</sup> Source : [service-public.fr](http://service-public.fr)

### ➤ Soutenez votre dos<sup>2</sup>

Soutenir le bas du dos lorsque vous êtes assis permet de réduire les fatigues et douleurs dorsales. Sans siège ajustable, placez un coussin (ou une serviette roulée) dans le creux de vos reins pour aider le corps à se redresser et éviter à celui-ci d'être trop penché vers l'avant.

### ➤ Ajustez votre hauteur<sup>2</sup>

À l'aide d'un siège ergonomique ou plus simplement de coussin (ou serviette), ajustez la hauteur de votre chaise, de manière à pouvoir utiliser l'ensemble Clavier/Souris en ayant les coudes à côté de votre corps, les épaules détendues et les bras qui forment un 'L' à l'articulation du coude (90°). Les poignets et avant-bras doivent également être droits et parallèles au sol. Tous vos équipements doivent être à distance de votre avant-bras pour éviter de créer des tensions dans vos épaules et votre cou.

### ➤ Posez vos pieds à plat<sup>2</sup>

Les pieds doivent être à plat sur le sol ou sur une pile de livres...

### ➤ Ajustez l'écran à la hauteur des yeux<sup>2</sup>

Votre écran doit être directement face à vous, si vous travaillez sur un **ordinateur de bureau**, pensez à tendre les bras devant vous, cela représente la bonne distance pour votre écran.

“Distance œil-écran de l'ordre de 50 à 70 cm” [1]

Si vous travaillez sur **ordinateur portable**, il est préférable de le surélever à l'aide d'une pile et de brancher un clavier et une souris. Le haut de l'écran doit être aligné avec vos yeux.

### ➤ Un écran suffisamment propre<sup>2</sup>

### ➤ Rendre les objets accessibles<sup>2</sup>

Placez les objets fréquemment utilisés (téléphones, documents...) à portée de main. Le but recherché est d'éviter d'avoir à faire des gestes répétés d'étirements ou de torsions pour atteindre ses différents objets.

### ➤ Faire des pauses régulières<sup>2</sup>

Pensez à faire des pauses assez régulières, **toutes les 45 min -1 h**. Profitez-en pour bouger, faire des étirements, des respirations...

“Généralement, la fatigue visuelle est manifeste après quatre heures de travail sur écran sans alternance avec d'autres activités. Par ailleurs, l'absence de « micropauses » ne permet pas un relâchement relatif des muscles intrinsèques et extrinsèques qui participent aux fonctions visuelles.” [1]

**Vous pouvez retrouver toutes ces informations résumées dans un dépliant de l'INRS. [2]**

---

<sup>2</sup> Conseil provenant de l'*Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)* et de Christophe Annat, Ostéopathe et co-fondateur du centre Ostéo &+.

## II.3. Troubles musculosquelettiques

“Les troubles musculosquelettiques (TMS) recouvrent un ensemble de symptômes ou de lésions concernant tous les segments corporels qui permettent à l’homme de se mouvoir et de travailler. Ces troubles concernent les tendons, les nerfs et surtout les muscles. Les TMS sont des affections douloureuses qui atteignent donc essentiellement les tissus mous.” [1]

Même si les méta-analyses ne révèlent pas de relation causale évidente entre le travail sur ordinateur et la survenue de troubles musculosquelettiques, de nombreuses études montrent que le travail prolongé sur ordinateur est associé à la présence de douleurs au niveau du cou, des membres supérieurs et du bas du dos.

“Par ailleurs, les opérateurs peuvent avoir des postures inconfortables : le cou en extension pour lire ce qui est affiché sur l’écran ou en flexion pour regarder les touches du clavier durant la frappe [...]. Enfin, le travail sur écran est fortement statique. Or, toute posture fixe maintenue pendant un long moment devient pénible.” [1]

Les facteurs de risque qui jouent un rôle déterminant dans l’apparition des TMS sont nombreux. Il s’agit des facteurs individuels, organisationnels, du stress et des facteurs psychosociaux, de la charge cognitive et des sollicitations biomécaniques. Les sollicitations biomécaniques sont : la posture statique, les efforts, la répétitivité des gestes et les contraintes posturales. Ces trois dernières seront examinées en fonction du matériel informatique utilisé, c’est-à-dire selon la consultation de l’écran, l’emploi du clavier et de la souris et la lecture des documents papier.

“En posture statique, comme dans le travail sur écran, l’angle d’inclinaison de la tête ne devrait pas excéder 25°” [1]

Quelques études ont montré que l’utilisation d’un ordinateur portable entraîne une **inclinaison plus prononcée de la tête et du tronc**, une flexion plus importante du cou et donc un **raccourcissement de la distance œil-écran**. En conséquence, la charge des muscles extenseurs du cou est plus grande avec l’emploi d’un portable qu’avec celle d’un ordinateur traditionnel, de même que le risque de fatigue visuelle.

Il en est de même pour l’utilisation des tablettes tactiles ou des téléphones qui peuvent également entraîner une flexion prononcée du cou si elles sont situées trop bas par rapport aux yeux.

“Les principales recommandations concernant l’organisation du travail sont les suivantes :

- Limiter la durée journalière de travail sur écran ;
- Alterner le travail informatisé avec des tâches autres que sur écran ;
- Respecter un régime de pause adapté au contenu du travail.” [1]

“Selon la norme ISO 9241-5, [...]. Un dossier d’une hauteur d’environ 50 cm est nécessaire pour le soutien des omoplates lorsque le travail sur écran est majoritaire. La hauteur et l’angle d’inclinaison du dossier doivent pouvoir être réglés. “ [1]

**La posture idéale n’existe pas.** En revanche, il existe une posture de moindre inconfort dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La hauteur optimale du centre de l’écran doit correspondre à une direction du regard inclinée de 10 à 20° au-dessous du plan horizontal passant à la hauteur des yeux.
- L’angle bras/avant-bras doit être compris entre 90 et 135°.
- Les mains doivent être situées dans le prolongement des avant-bras.
- Les pieds reposent de préférence à plat sur le sol mais un repose-pied est parfois indispensable, notamment pour les opérateurs de petite taille.
- Placer la souris le plus près possible du clavier.
- Laisser un espace de 10 à 15 cm entre le bord de la table et la barre d’espacement du clavier.
- Proposer des alternatives donnant la possibilité de varier les postures (ex : bureau à hauteur variable).

Voir Annexe 1 : Mémento travail sur écran



### III. Réalisation

#### III.1. La démarche projet utilisée

Dans le but de prendre conscience de l'objectif, de formaliser les attentes et les besoins du projet Preston, j'ai pris l'initiative de réaliser un cahier des charges, joint en parallèle de ce rapport. Ce cahier des charges avait pour but d'établir un plan d'action clair tout en restant un outil flexible, Einstein disait cette phrase très vraie : "En théorie, il n'y a pas de différence entre la pratique et la théorie. En pratique si.".

Afin de communiquer efficacement grâce au cahier des charges, j'ai réalisé plusieurs diagrammes représentant, aussi bien, les exigences fonctionnelles que techniques comme par exemple le **diagramme bête à cornes**, un outil pour l'analyse fonctionnelle du besoin, ci-dessous.

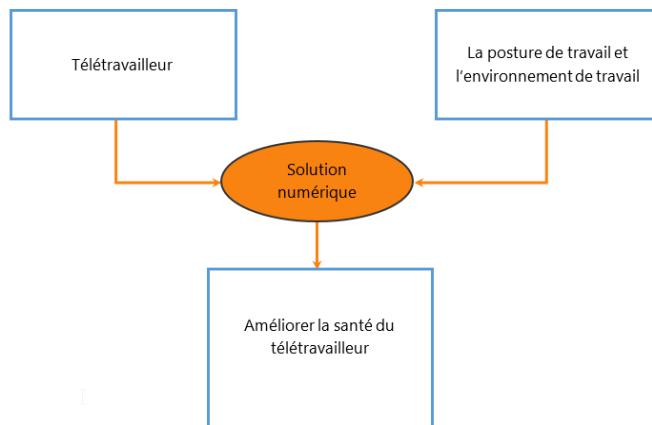
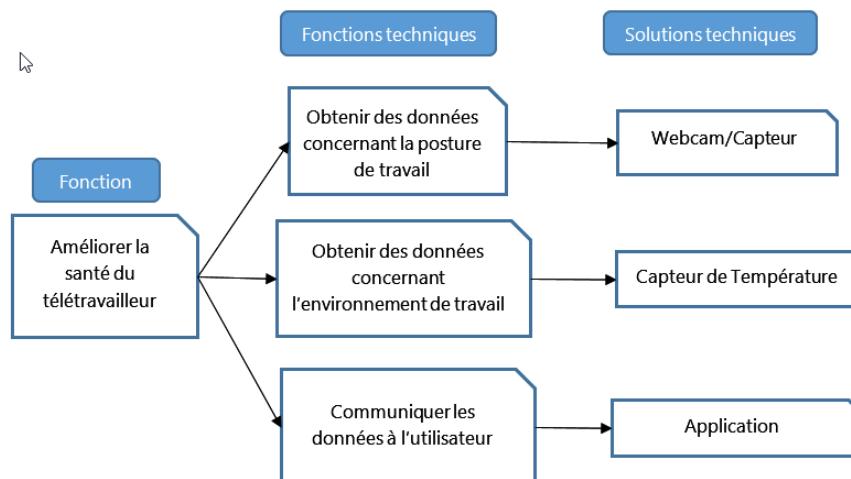


Figure 1: Diagramme bête à corne

Le **diagramme fonctionnel** ci-dessous est un schéma permettant de représenter sous forme de **blocs fonctionnels\*** l'ensemble du système étudié.



Ce que nous montre ce diagramme par rapport à ce qui a été effectué à présent, c'est le choix de privilégier l'utilisation de la Webcam, moins contraignante que l'utilisation d'un capteur qui aurait nécessité une phase d'achat et de programmation avant obtention par l'utilisateur.

Cependant l'utilisation d'un capteur et de son **accéléromètre**, permettant de relever les valeurs d'inclinaison par exemple, reste une idée fondamentalement intéressante malgré sa complexité de mise en œuvre à grande échelle.

Notre choix s'est en conséquence, naturellement porté sur le travail de la caméra et des multiples possibilités que celle-ci offre. Son grand avantage vient de sa facilité d'obtention, en effet, de nos jours, la majeure partie des ordinateurs de tous types possèdent des caméras intégrées, n'empêchant pas la possibilité d'achat d'une deuxième caméra.

### III.2. Choix d'environnement technique et développement

Un des avantages de ce projet est qu'il a été pensé pour fonctionner aussi bien sur un ordinateur portable classique uniquement grâce au **processeur (CPU)** que sur un ordinateur fixe.

Les temps de prédiction pour reconnaître quelqu'un sera de l'ordre de 2 à 5 s, donc si vous souhaitez réduire ce temps de prédiction, il est possible d'apporter des modifications afin de passer par la **carte graphique (GPU)** pour faire les calculs. Ce qui ferait passer le temps de l'ordre de quelques secondes à quelques dixièmes de seconde.



Nous avons choisi d'utiliser **Python**, puisqu'il s'agit d'un langage parfaitement adapté à nos besoins, qui dispose des outils pour traiter les images, la caméra et les intelligences artificielles. Lors de la réalisation de ce stage, j'ai utilisé la version **3.9.4** de Python.

Python nous permet d'utiliser les librairies suivantes :

- **OpenCV** : qui est dédiée au traitement d'images.
- **Numpy** : une librairie qui fournit de nombreuses fonctions mathématiques de calcul et une gestion des vecteurs et des matrices très poussée. La plupart des algorithmes d'intelligence artificielle prennent en entrée des matrices Numpy.
- **Dlib Shape Predictor** : un algorithme avec un modèle pré-entraîné à disposition permettant la détection des 68 points clés du visage.
- **Tkinter, Datetime, os, Pandas, Matplotlib...**



OpenCV (Open Computer Vision) est une bibliothèque graphique libre, initialement développée par Intel, spécialisée dans le traitement d'images en temps réel, que ce soit pour de la photo ou de la vidéo. Elle est disponible sur la plupart des systèmes d'exploitation et existe pour les langages Python, Java et C++.

Sous licence BSD (Berkeley Software Distribution Licence), OpenCV peut être réutilisé librement, en tout ou partie, pour être intégré au sein d'un autre projet.

Pour comprendre le fonctionnement d'OpenCV, il nous faut définir ce que représente la vision par ordinateur, en effet, la vision par ordinateur à pour but principal de permettre à une machine d'analyser, traiter et comprendre des images prises par un système.

OpenCV fournit un ensemble de plus de 2500 algorithmes de vision par ordinateur, accessibles au travers d'API. Ce qui permet d'effectuer tout un tas de traitements sur des images (extraction de couleurs, détection de visages, de formes, application de filtres...). Ces algorithmes se basent principalement sur des calculs mathématiques complexes, concernant surtout les traitements sur les matrices. Une image peut, en effet, être considérée comme une matrice de pixels.

### III.3. Présentation des résultats obtenus

#### III.3.1.1. Facial landmarks avec dlib, opencv et python

Nous définirons dans un premier temps ce que signifie ‘facial landmarks’ (ou ‘repère du visage’) et définirons son utilisation. Nous verrons également comment détecter et extraire les ‘facial landmarks’ en utilisant dlib, opencv et python.

La détection des points de repère du visage est un sous-ensemble du problème de prédition de forme. En effet, un prédicteur de forme tente de localiser les différents points d'intérêt. Dans notre cas, le but recherché est de détecter les structures faciales importantes sur le visage à l'aide de méthodes de prédition de forme. Il s'agit dans un premier temps de localiser le visage dans l'image, puis de détecter les principales structures faciales.

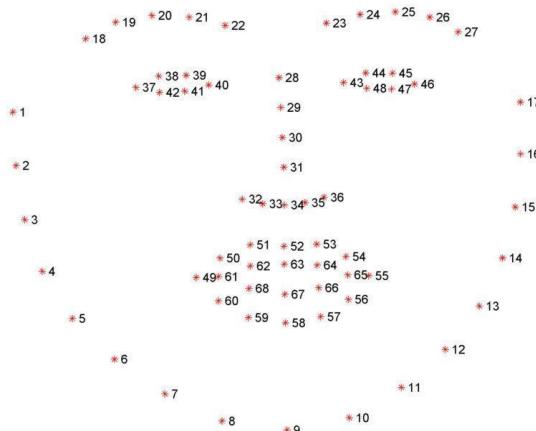
La détection de visage pourrait être réalisée de plusieurs manières, nous avons choisi d'utiliser les cascades Haar intégrées d'Opencv pour découvrir leur utilisation. Haar cascades, introduites pour la première fois par Viola et Jones dans une publication de 2001 ‘[Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features](#)’.

Cependant, nous aurions également pu utiliser par exemple des algorithmes basés sur l'apprentissage profond pour la localisation des visages. Les cascades Haar garantissent que nous n'avons pas besoin de fournir nos propres échantillons positifs et négatifs, de former notre propre classificateur ou de nous soucier de régler les paramètres correctement. Au lieu de cela, nous chargeons simplement le classificateur pré-entraîné et détectons les visages dans les images.

Certains avantages des cascades Haar sont qu'ils peuvent détecter les visages dans les images quel que soit l'emplacement ou l'échelle du visage. Enfin, l'algorithme pour la détection d'objets est capable de s'exécuter en temps réel.

Une fois la détection de la région du visage localisé, nous passons ensuite à la détection des structures faciales clés du visage, il s'agit de détecter et d'étiqueter des points de repère faciaux, essentiellement la bouche, les sourcils droit/gauche, les yeux droit/gauche, le nez ainsi que la mâchoire.

Le détecteur de repère facial, inclus dans la bibliothèque `dlib`, est utilisé pour estimer l'emplacement de 68 coordonnées ( $x, y$ ) qui correspondent aux différentes structures faciales du visage énoncées auparavant.

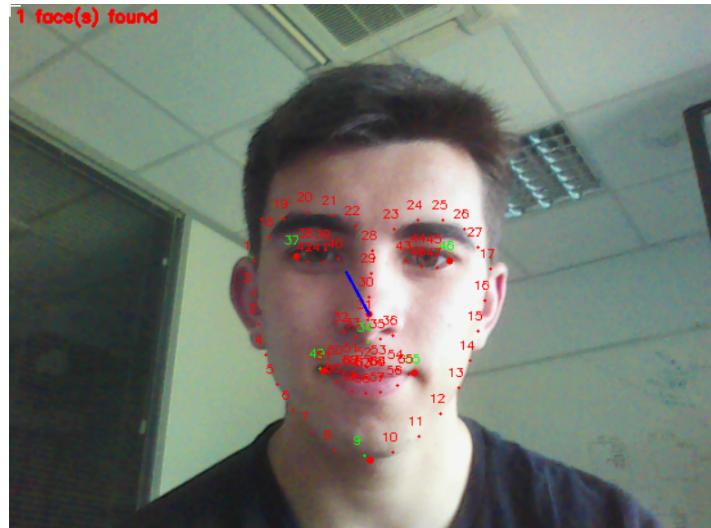


Le détecteur de repère de visage `dlib` retournera un objet “`shape`” contenant les 68 coordonnées ( $x, y$ ) des régions de repère du visage.

En utilisant la fonction “`shape_to_np`”, nous convertissons cet objet en un tableau NumPy, lui permettant d'être en meilleure interaction avec notre code Python.

Nous utiliserons le “`face_utils`” sous-module d’`imutils` pour accéder à nos fonctions d’assistance détaillées ci-dessus.

- `shape-predictor` : C'est le chemin vers le détecteur de repère facial pré-formé de `dlib`.
- `Frame` : Le chemin vers l'image d'entrée sur laquelle nous voulons détecter les points de repère du visage.



Cependant, le détecteur a tendance à être plus efficace pour les images frontales du visage. Les cascades de Haar sont notoirement sujettes aux **faux positifs** - l'algorithme Viola-Jones peut facilement signaler un visage dans une image lorsqu'aucun visage n'est présent.

Il y aura des moments où nous pourrons détecter tous les visages dans une image. Il y aura d'autres fois où des régions d'une image seront classées à tort comme des visages et/ou des visages seront complètement manqués.

Enfin, il peut être assez fastidieux de régler les paramètres de détection OpenCV.

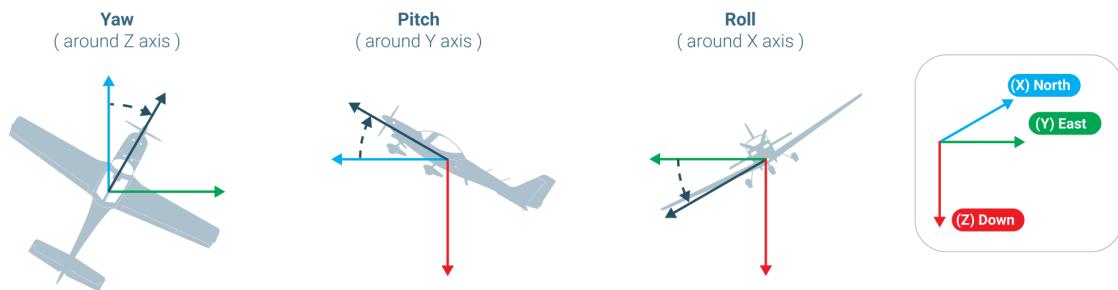
### III.3.1.2. Principe et visualisation de l'estimation du “Head pose estimation”

L'objectif est d'obtenir l'angle de la tête à travers l'image sortante de la caméra dans le but de voir si la tête de l'utilisateur respecte les valeurs critiques de maintien de la nuque (cf. II.2 Référentiels de bonne posture en télétravail)

Un objet 3D possède seulement 2 sortes de mouvement par rapport à la Webcam :

- **Translation** : Transformation géométrique qui correspond à l'idée de glissement de l'objet, sans rotation, ni déformation de l'objet. C'est le passage de coordonnées (X, Y, Z) de départ à de nouvelles coordonnées (X', Y', Z'), on observe que la translation possède 3 degrés de liberté. La Translation est donc représentée par un vecteur  $t$  ( $X'-X, Y'-Y, Z'-Z$ ).
- **Rotation** : Il est également possible de tourner la caméra par rapport à 3 axes X, Y et Z. Il existe plusieurs façons de représenter la rotation. Nous pouvons les représenter en utilisant les angles d'Euler (Pitch, Roll, Yaw), une matrice de rotation 3\*3...

Dans l'espace 3D, cela signifie que la rotation de l'objet/personne peut se décomposer en trois points d'Euler (angle d'Euler) représenté par : calculer séparément le 'pitch' (tourner autour de l'axe X), le 'yaw' (tourner autour de l'axe Y) avec le 'roll' (tourner autour de l'axe Z), respectivement en langage scientifique Angle de tangage (pitch), angle de lacet (yaw) et angle de roulis (roll), en termes simples, levez, secouez et tournez la tête. Le diagramme ci-dessus schématisé parfaitement ces différents mouvements :



### Calcul des angles d'Euler

On peut associer un quaternion à une rotation autour d'un axe par l'expression suivante :

$$\begin{aligned}
\mathbf{q}_0 &= \mathbf{q}_w = \cos(\alpha/2) \\
\mathbf{q}_1 &= \mathbf{q}_x = \sin(\alpha/2) \cos(\beta_x) \\
\mathbf{q}_2 &= \mathbf{q}_y = \sin(\alpha/2) \cos(\beta_y) \\
\mathbf{q}_3 &= \mathbf{q}_z = \sin(\alpha/2) \cos(\beta_z)
\end{aligned}$$

Où  $\alpha$  un angle de rotation simple (la valeur en radians de l'angle de rotation) et  $\cos(\beta_x)$ ,  $\cos(\beta_y)$  et  $\cos(\beta_z)$  sont les "cosinus directionnels" des angles entre les trois axes de coordonnées et l'axe de rotation (Théorème de rotation d'Euler).

$$\begin{aligned}
\mathbf{q}_0 &= \mathbf{q}_w = \cos(\text{rotation angle}/2) \\
\mathbf{q}_1 &= \mathbf{q}_x = \sin(\text{rotation angle}/2) \cos(\text{angle between axis of rotation and x axis}) \\
\mathbf{q}_2 &= \mathbf{q}_y = \sin(\text{rotation angle}/2) \cos(\text{angle between axis of rotation and y axis}) \\
\mathbf{q}_3 &= \mathbf{q}_z = \sin(\text{rotation angle}/2) \cos(\text{angle between axis of rotation and z axis})
\end{aligned}$$

## Conversion des angles Quaternion en Euler

Les angles d'Euler peuvent être obtenus à partir des quaternions via :

$$\begin{bmatrix} \phi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{atan2}(2(q_0 q_1 + q_2 q_3), 1 - 2(q_1^2 + q_2^2)) \\ \text{asin}(2(q_0 q_2 - q_3 q_1)) \\ \text{atan2}(2(q_0 q_3 + q_1 q_2), 1 - 2(q_2^2 + q_3^2)) \end{bmatrix}$$

On s'aperçoit de l'utilisation de la fonction `atan2`, qui est une variante de la fonction arc tangente. La fonction `Math.atan2()` renvoie l'arc tangent du quotient de ses deux arguments.

## Problème rencontré avec le pitch - Solution rodrigues()

Suite à la conversion des différents calculs vus précédemment dans le langage python, une erreur au niveau du calcul du pitch offrait des valeurs d'angle de tangage (Pitch) très incohérentes. Après de nombreuses vérifications, une alternative a été trouvée pour le résultat du Pitch. L'utilisation de la `fonction Rodrigues()` pour convertir la matrice de rotation au vecteur de rotation appartenant à la bibliothèque d'openCV.

### Python:

```
cv.Rodrigues( src[, dst[, jacobian]] ) -> dst, jacobian
```

#### Parameters

- src** Input rotation vector (3x1 or 1x3) or rotation matrix (3x3).
- dst** Output rotation matrix (3x3) or rotation vector (3x1 or 1x3), respectively.
- jacobian** Optional output Jacobian matrix, 3x9 or 9x3, which is a matrix of partial derivatives of the output array components with respect to the input array components.

$$\begin{aligned} \theta &\leftarrow \text{norm}(r) \\ r &\leftarrow r/\theta \\ R &= \cos(\theta)I + (1 - \cos\theta)rr^T + \sin(\theta) \begin{bmatrix} 0 & -r_z & r_y \\ r_z & 0 & -r_x \\ -r_y & r_x & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Inverse transformation can be also done easily, since

$$\sin(\theta) \begin{bmatrix} 0 & -r_z & r_y \\ r_z & 0 & -r_x \\ -r_y & r_x & 0 \end{bmatrix} = \frac{R - R^T}{2}$$

A rotation vector is a convenient and most compact representation of a rotation matrix (since any rotation matrix has just 3 degrees of freedom). The representation is used in the global 3D geometry optimization procedures like `calibrateCamera`, `stereoCalibrate`, or `solvePnP`.

Voir Annexe 2 : Euler Angles

### III.3.1.3. Choix du design de l'interface

Le paquet tkinter (de l'anglais Tool kit interface) est l'interface Python standard de la boîte à outils d'IUG (interfaces utilisateur graphiques) Tk. Tk et tkinter sont disponibles sur la plupart des plateformes Unix, ainsi que sur les systèmes Windows. L'un des grands avantages de Tkinter est sa portabilité sur les OS (Système d'exploitation) les plus utilisés par le grand public.

```
from tkinter import *
```

Tkinter sert à réaliser des interfaces graphiques pour l'utilisateur (GUI) à l'aide d'un ensemble de composants graphiques (Widgets). Cela m'a permis de construire une interface simple dans le but de modéliser la future application, un peu comme une **maquette d'interface graphique** (Balsamiq...).

Les modules ne sont pas les mêmes suivant votre version de python. Si le message suivant apparaît lors de l'exécution de votre script : **ImportError: No module named 'Tkinter'** C'est que le module appelé n'est pas le bon par rapport à votre version python, la version **python 3** doit être installée afin d'utiliser l'interface graphique.

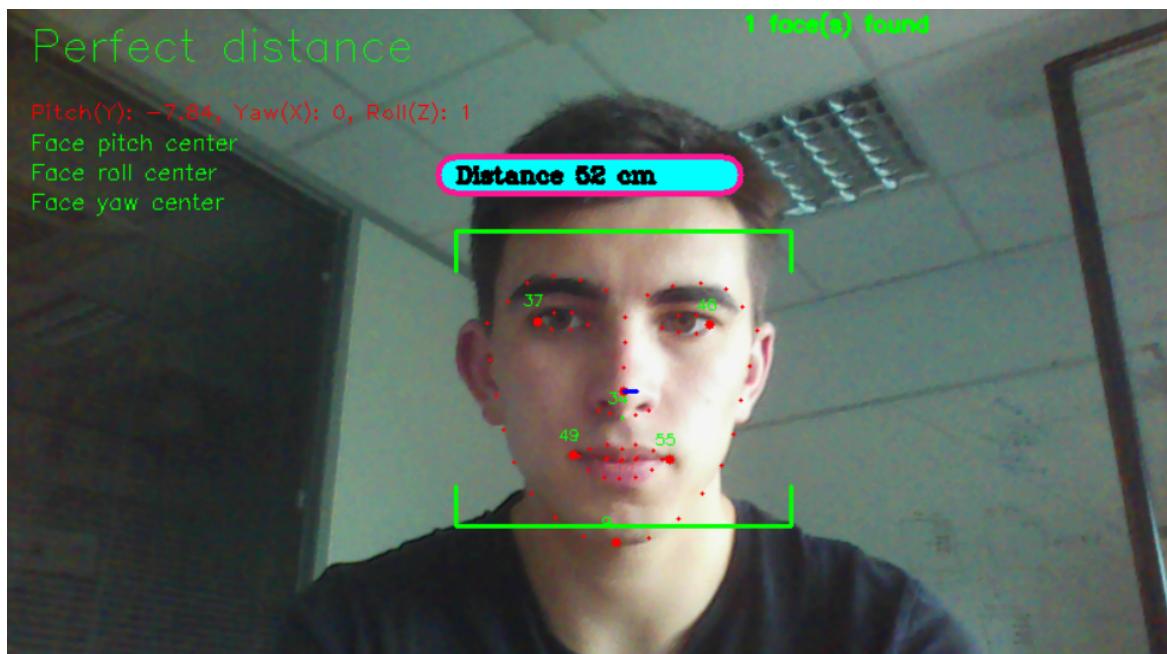
La dernière instruction est également très importante, elle permet à l'application de recevoir des informations de la souris et du clavier (entre autres).

```
screen.mainloop()
```

[Voir Annexe 3 : Interface graphique Tkinter](#)

En plus d'une interface Tkinter possédant une authentification et amenant vers le démarrage du code principal, nous avons eu l'idée lors de réunion de créer une sorte de **préface** permettant à l'utilisateur de se placer correctement avant de lancer le programme principal. Cela se présente sous la forme d'un jeu de placement qui se termine lorsque l'utilisateur se trouve à bonne distance de l'écran et qu'il est parfaitement centré par rapport à la caméra.

En reprenant les valeurs énoncées au 'II.2 Référentiels de bonne posture en télétravail' et la capture d'écran ci-dessous, on s'aperçoit qu'étant entre **50 et 70 cm** de distance de l'écran, je suis considéré comme étant à 'bonne distance'. On s'aperçoit également que l'angle de tangage est compris entre **-30 et +30°** (angle plus élevé que le référentiel pour laisser une marge d'erreur). Les angles de lacet et de roulis sont calibrés entre **-10 et +10°**.



*Capture d'écran du programme de préface en phase de détection*

L'enregistrement de donnée, au contraire, ne sera effectif que lorsque le programme principal sera lancé.

## IV. Gestion de projet

### IV.1. Partie prenantes

Fonction	Prénom/Nom	Adresse mail	N° de téléphone
Maître de Conférences - LISST	Adrien Defossez	adrien.defossez@univ-jfc.fr	06 88 49 48 47
Professeur des Universités - IRIT	Rémi Bastide	remi.bastide@univ-jfc.fr	05 63 35 95 08
Elève ingénieur (chef de projet)	Gaëtan Charbonnier	gaetan.charbonnier@etud.univ-jfc.fr	07 66 63 40 51

*Tableau - Acteurs du projet*

## IV.2. Organisation

Lorsque l'on cherche à réussir un projet, tout est question d'organisation. Il est alors nécessaire de poser des temps de réflexion avant le lancement et la conduite de travaux. Ces temps de réflexion nous ont permis de définir une liste de tâches à laquelle nous avons pu associer **des objectifs précis et mesurables, des ressources humaines et matérielles**. Ainsi, cela permet d'exprimer une charge de travail répartie entre une date de début et une date de fin de projet. Les différentes tâches suivent un ordre logique, et de ce fait, sont reliées entre elles par des relations de dépendance.

Étant en relation directe avec les commanditaires, nous avons également pu définir **des jalons**. Ce sont des événements clé du projet, tels que des réunions ou des livrables, montrant notre progression au cours du projet et permettant des recadrages des objectifs du projet si nécessaire.

Nous avons eu l'occasion de planifier et d'organiser près de 7 réunions jusqu'à présent. Ces réunions nous ont permis de comprendre le sujet et de valider notre cahier des charges ainsi que de présenter l'avancement du projet. Chacune des réunions se solde par un débriefing écrit afin de faire un point de réunion qui permet de soulever les points importants de l'ordre du jour, de répartir et de planifier les nouvelles tâches.

En conclusion, chaque réunion planifiée a mener à la réalisation d'un compte-rendu de réunion ainsi qu'à la réflexion de nouveaux objectifs. Un **compte-rendu d'activité**, visant à faire le point des travaux passés et futurs du projet, sous la forme d'un Excel, a également été entretenu tout au long du projet.

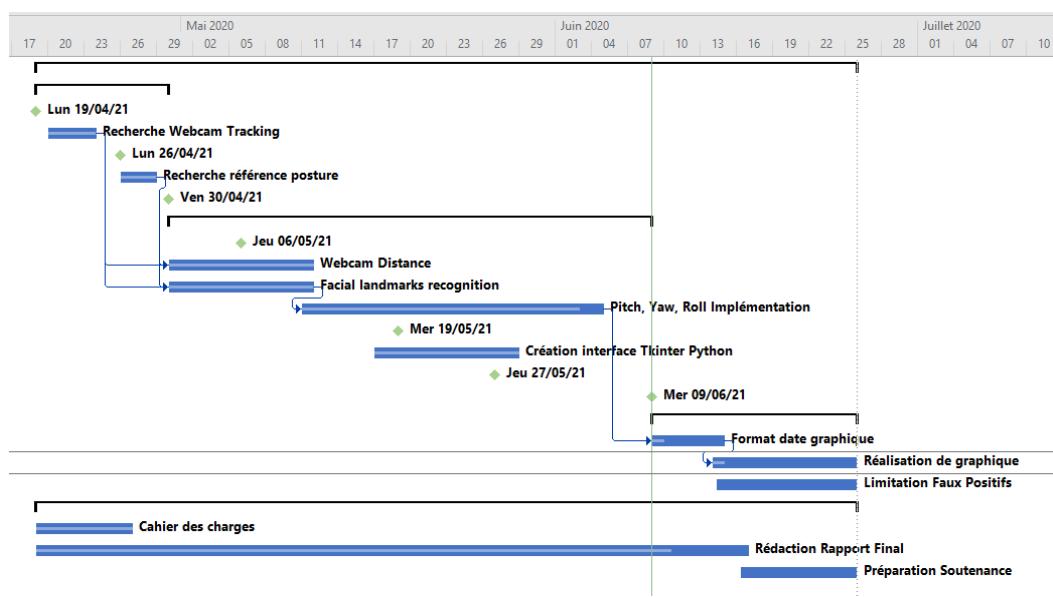


Diagramme de Gantt (MS Project)

## IV.3. Principales difficultés rencontrées / moyens mis en œuvre pour y remédier.

### Camera virtuel avec Obs

Un problème a été soulevé assez rapidement lors d'une des réunions en distanciel via Zoom, ce problème concerne la disponibilité de la caméra lors de visioconférence. En effet, l'application nécessite la disponibilité totale de la caméra, ce qui pose la nécessité de la création future d'une caméra virtuel en passant par une application tel que Obs (Open Broadcaster Software), un logiciel libre de capture d'écran et de streaming pour Microsoft Windows, MacOS et Linux.

#### *Utilisation*

```
import pyvirtualcam
import numpy as np

with pyvirtualcam.Camera(width=1280, height=720, fps=20) as cam:
    print(f'Using virtual camera: {cam.device}')
    frame = np.zeros((cam.height, cam.width, 3), np.uint8) # RGB
    while True:
        frame[:] = cam.frames_sent % 255 # grayscale animation
        cam.send(frame)
        cam.sleep_until_next_frame()
```

- pyvirtualcam envoie des images à une caméra virtuelle depuis Python.
- pyvirtualcam utilise la première caméra virtuelle disponible qu'il trouve.

#### *Installation*

```
pip install pyvirtualcam
```

Les explications détaillées du Code et l'installation d'OBS de Maik Riechert, Senior Research Software Engineer at Microsoft sont présent sur son GitHub :

<https://github.com/letmaik/pyvirtualcam>

## Nettoyage des listes

Dans l'objectif d'étudier le comportement de posture d'un individu, nous avons créé des listes de données (Pitch, Roll, Yaw, Distance et Temps) conservées pour le moment dans des csv. Ces différentes listes n'utilisent pas la même méthode de détection de visage (2 types de Cascade Haar (Facial Landmark : Pitch, Roll, Yaw ; Face Detector : Distance)). Il est donc assez fréquent de voir des lignes du csv ne comportant qu'une valeur de temps et de distance, le facial Landmark étant plus capricieux dans la détection de visage en raison des multiples repères devant être détectés.

Ce problème sera résolu avec les quelques lignes de codes présent ci-dessous, qui seront intégrées au code de la réalisation du graphique.

```
data = pd.read_csv("NewFile.csv")

# Types des données des colonnes de notre dataset
print(data.dtypes)
# Vérifier si valeurs manquantes
print(data.isna().sum())
# retirons les lignes avec des valeurs manquantes
data.dropna(inplace=True)
# vérifions le résultat
data.isna().sum()
```

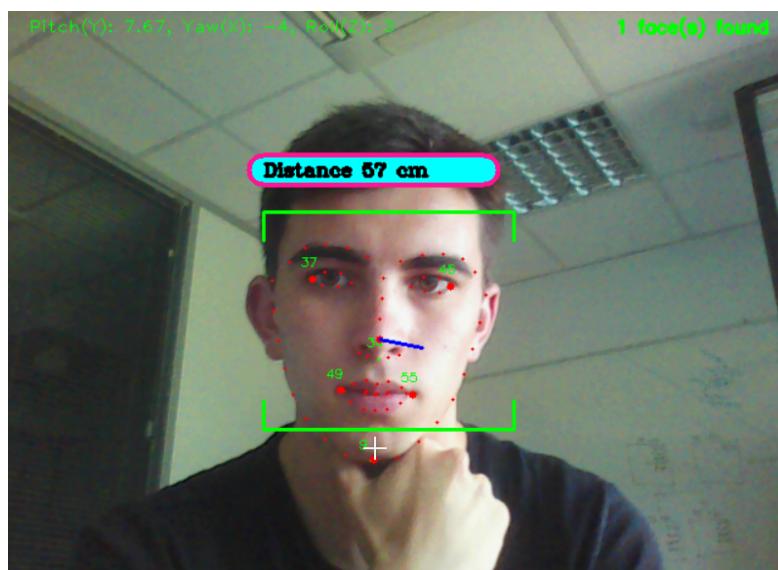
## V. Conclusion et perspectives

L'objectif de ce projet a largement été atteint. Le plus grand défi, pour moi, a été de partir d'une simple étude et de façonner le projet de A à Z lors de ces dix semaines de stage. Je pense avoir posé la première pierre d'un projet d'ampleur, qui m'a tenu en éveil et en fascination tout au long de ces quelques semaines.

Le programme relève pour l'instant cinq listes de données (Distance, Pitch, Roll, Yaw et Temps) lorsqu'un visage est détecté. Ces données sont, pour l'instant, enregistrées dans des csv (Comma-separated values) qui permettront, après nettoyage des données, la création de graphique. La réalisation d'un questionnaire présent à la fin de ce document pourrait également être utilisée par l'utilisateur à titre personnel lors de l'installation du programme et au bout d'une certaine période afin de voir si les actions correctives ont eu un apport.

La charge de travail pour mener à terme ce projet est encore conséquente, que ce soit le calibrage de données récupérées, la création d'alerte en fonction des données prélevées concernant la posture de travail (tenu du corps devant l'écran, distance, durée devant l'écran, etc.) ou encore la phase de test en condition réel et l'étude d'amélioration possible.

La concrétisation de ce projet devra permettre d'alerter les utilisateurs afin d'envisager des actions correctives adaptées à chacun.



*Capture d'écran du programme principal en phase de détection*

# Portfolio individuel de connaissances

## Motivation et adhérer aux enjeux du projet

- Incrire son action dans une perspective de long terme
- Suivre un projet dans ses différentes étapes (définition, conception, mise en œuvre)
- Un projet captivant !

L'envie de découverte de ce projet, du bienfait de ses répercussions, ainsi que de la grande liberté de créativité lors de son développement.

Ce sont toutes ces raisons qui m'ont motivé dans mon choix de stage de 4<sup>ème</sup> année.

Le libellé du projet était le suivant : « *Développement d'une solution permettant d'améliorer la santé des télétravailleurs* ». J'étais le seul étudiant en charge du projet à l'heure actuelle. J'ai commencé ce stage très motivé, pour apporter pleine satisfaction aux commanditaires, malgré les quelques embûches qui se présentaient à l'horizon.

## Travailler en équipe

- Apprendre à faire des différences de chacun des richesses et une source de créativité
- Être à l'*écoute* d'acteurs divers
- S'intégrer dans l'équipe du CHL

## Communiquer

- Présenter ses idées
- Travail à distance, Visioconférence
- Capacité d'adaptation aux difficultés rencontrée

Dans cette période de crise sanitaire de Covid-19, le bon déroulement du stage passe essentiellement par un travail de communication plus important qu'à l'accoutumé. Pour cela, nous avons effectué une réunion minimum par semaine avec mon maître de stage et mon tuteur académique, pour la plupart du temps suivi d'un débriefing personnel sous forme de rédaction dans le but de répartir le travail par ordre d'importance et de le planifier.

## Concevoir des outils et des supports différents

- Maîtrise d'un nouveau langage informatique ([Python](#))
- Et de l'utilisation de multiples librairies ([OpenCV](#), [Tkinter](#) ...)

L'aboutissement d'un projet de cette ampleur apporte sans aucun doute un cumul de connaissances qui saura être favorable pour mon futur.

À titre personnel, cette collaboration avec Monsieur Defossez ainsi que les autres acteurs de ce projet m'a beaucoup apporté, c'était tout d'abord la découverte formidable d'un projet me tenant en haleine. Cela m'a permis, même en tenant compte de cette période de crise sanitaire, de créer une ambiance saine de travail présente également au sein même du CHL.

D'un point de vue technique, j'ai eu l'immense chance d'avoir une grande liberté dans le choix du langage de programmation, dans les propositions d'évolution, d'axes d'amélioration possibles du projet.

## Assurer une fonction de chef de projet

- Les documents relatifs à la gestion de projet ([Suivi horaire](#), [cahier des charges](#)...)
- Entretenir un planning
- Estimer les [durées des tâches](#)
- Rechercher et traiter l'information
- Mettre en place un rythme de réunions adapté
- Relever les points importants lors des réunions
- [Établir des priorités](#)
- Savoir mettre en lumière des problèmes et proposer des alternatives

Pour conclure, j'ai tenu tout au long du projet un Excel de suivi horaire du projet comportant principalement les heures de travaux, les réunions et les tâches accomplies.

Ce suivi et l'ensemble des documents fournis vous montreront que les objectifs généraux ont été atteints dans les temps impartis. Je suis réellement heureux d'avoir pu participer à cette aventure avec les tuteurs et espère pouvoir réitérer ce que nous avons accompli à l'avenir.

## Bibliographie

[1] : Ecran de visualisation, Santé et ergonomie

*Brochure de 84 pages, référence INRS ED 924, Publication du 11/2020*

[2] : Mieux vivre avec votre écran,

*Dépliant 4 volets, référence INRS ED 922, Publication du 11/2018*

Mastering OpenCV 3 Ed. 2, (Opencv)

*Auteur(s): Baggio, Daniel Lelis, Emami, Shervin, Escriva, David Millan,*

*Editeur: Packt Publishing Année de Publication: 2017*

Building Computer Vision Projects with OpenCV 4 and C++ (Facial Landmark)

*Auteur(s): Millan Escriva, David Joshi, Prateek, G. Mendonca, Vinicius*

*Editeur: Packt Publishing*

*Année de Publication: 2019*

## Webographie

Lancement projet Webcam Tracking et explication

[https://github.com/Asadullah-Dal17/Distance\\_measurement\\_using\\_single\\_camera](https://github.com/Asadullah-Dal17/Distance_measurement_using_single_camera)

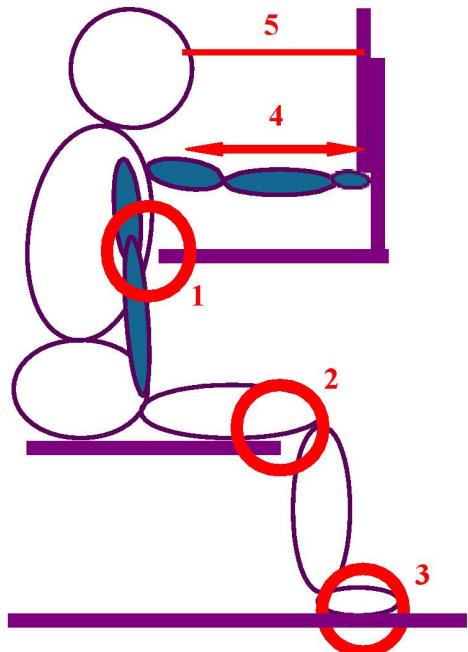
Documentation Opencv utilisé

[https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial\\_cascade\\_classifier.html](https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html)

## *Annexe 1 : Mémento travail sur écran*

### Mémento

#### Prévenir les risques liés au Travail sur écran



#### Comment régler sa chaise ?

1. Bras tendu le long du buste, le pli du coude au niveau du bureau
2. Genoux à 90°, l'arrête de la chaise doit être juste en dessous de la zone poplitée
3. Les pieds doivent toucher à plat le sol (utilisation d'un repose-pieds si nécessaire)

#### Comment régler son écran ?

- Face à soi
4. La distance d'un bras tendu
  5. Le regard droit, au tiers supérieur de l'écran

#### Comment placer son clavier ?

1. Entre vous et l'écran
2. À 15 cm du bord environ
3. L'intérieur des poignets ne doit pas reposer sur l'arrête du bureau

#### Comment placer sa souris ?

1. À droite ou à gauche du clavier
2. Éviter de la mettre face à vous
3. À la même hauteur que le clavier

#### Comment placer son téléphone

1. En fonction de la fréquence d'utilisation
2. Le plus proche possible de l'axe de travail
3. S'équiper d'un micro-casque si les appels sont répétitifs

#### **Adapter son poste de travail à la tâche à effectuer : Quelques conseils**

N'hésitez pas à tester plusieurs agencements pour trouver celui qui vous correspond

Posez-vous les bonnes questions : quel est l'outil de travail que j'utilise le plus ?

N'attendez pas l'apparition de la douleur pour changer vos habitudes !

# Réduire les mouvements répétitifs pour réduire les Troubles Musculo-Squelettiques

## Une pause s'impose!

### Objectifs :

- Éviter la position figée
- Rompre la répétitivité des mouvements
- Reposer les yeux
- Relâcher et étirer les muscles
- Être plus performant

### Quelques exercices à faire au travail !

#### Pour le cou :

- Incliner la tête sur un côté en essayant de toucher le sol avec votre main du côté opposé
- Mimer le « oui » et le non » lentement
- Commencer par faire une demi lune avec la tête puis un tour complet lentement

#### Pour les épaules et le haut du dos :

- Faire des cercles avec les deux épaules simultanément puis changer de sens
- Imaginer vouloir amener les épaules sur la poitrine
- Essayer de resserrer les omoplates l'une vers l'autre les coudes le long du corps

#### Pour les lombaires :

- Assis : arrondir le bas du dos et le creuser, sans forcer
- Se tenir les mains, bras tendus au dessus de la tête : d'un côté de joindre les côtes et la hanches et de l'autre côté les écarter, sans forcer puis changer de côté
- Sur la chaise: amener un genou à la poitrine jusqu'à étirement en attrapant votre genou avec vos bras puis changer de genou

#### Pour les poignets et les avant-bras :

- Main à l'horizontale, faire un mouvement du poignet de gauche à droite puis de droite à gauche
- S'étirer la main en flexion extension à l'aide de l'autre main (fléchisseur extenseur de l'avant bras)

#### Pour les doigts :

- Fermer le poing en laissant le pouce droit puis faites glisser les doigts le long des phalanges, répéter ce geste plusieurs fois
- La paume vers soi, main grande ouverte venir toucher la base de l'auriculaire avec le bout du pouce puis revenir à la position initiale

#### Pour les jambes :

- Assis sur la chaise, le dos décollé du dossier, lever la jambe tendue puis faites des flexions extensions de cheville lentement puis changer de jambe

#### Pour le yeux :

- Fermer les yeux et masser vos paupières en faisant des cercles avec votre index sans trop appuyer
- Debout : prendre un objet de couleur vive et assez gros (une balle, un stabilo, etc.) et le lancer d'une main à l'autre en le suivant des yeux. L'objectif est de se détacher d'un regard fixe.

**La position parfaite n'existe pas !**  
**Le secret : variez votre position**

## Annexe 2 : Euler Angles

```
def get_euler_angle(rotation_vector):
    # Calculate rotation angles
    rvec_matrix = cv.Rodrigues(rotation_vector)[0]

    proj_matrix = np.hstack((rvec_matrix, translation_vector))
    eulerAngles = cv.decomposeProjectionMatrix(proj_matrix)[6]

    pitch2, yaw2, roll2 = [math.radians(_) for _ in eulerAngles]

    pitch2 = math.degrees(math.asin(math.sin(pitch2)))
    Y = math.degrees(math.asin(math.sin(math.sin(pitch2))))
    Y = round(Y, 2)

    roll2 = -math.degrees(math.asin(math.sin(math.sin(roll2))))
    yaw2 = math.degrees(math.asin(math.sin(yaw2)))
    print('pitch2Sol: ', pitch2)
    print('pitch2Sol: ', roll2)
    print('pitch2Sol: ', yaw2)
```

```
# Calculate rotation angles
theta = cv.norm(rotation_vector, cv.NORM_L2)

# Transformed to quaternion
q0 = math.cos(theta / 2)
q1 = math.sin(theta / 2)*rotation_vector[0][0] / theta
q2 = math.sin(theta / 2)*rotation_vector[1][0] / theta
q3 = math.sin(theta / 2)*rotation_vector[2][0] / theta

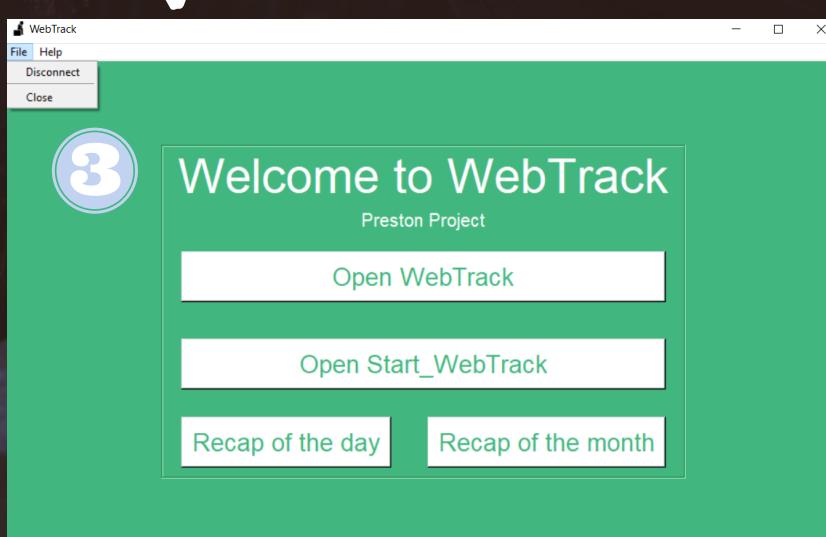
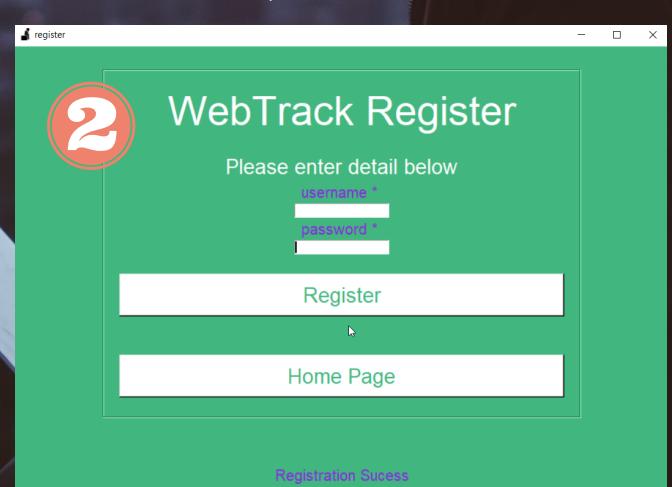
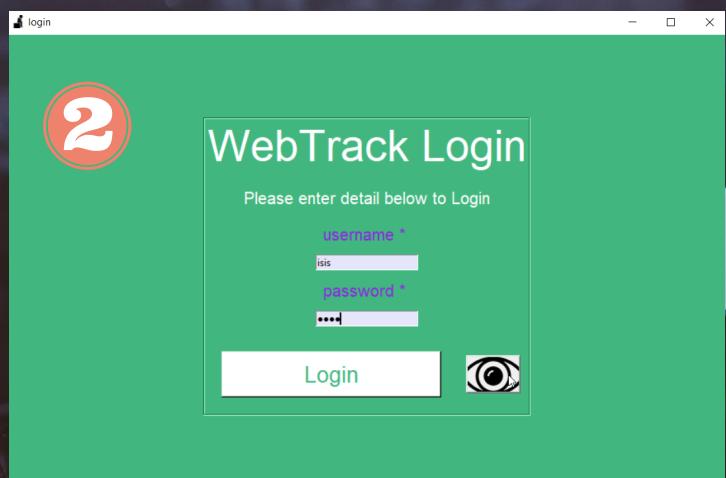
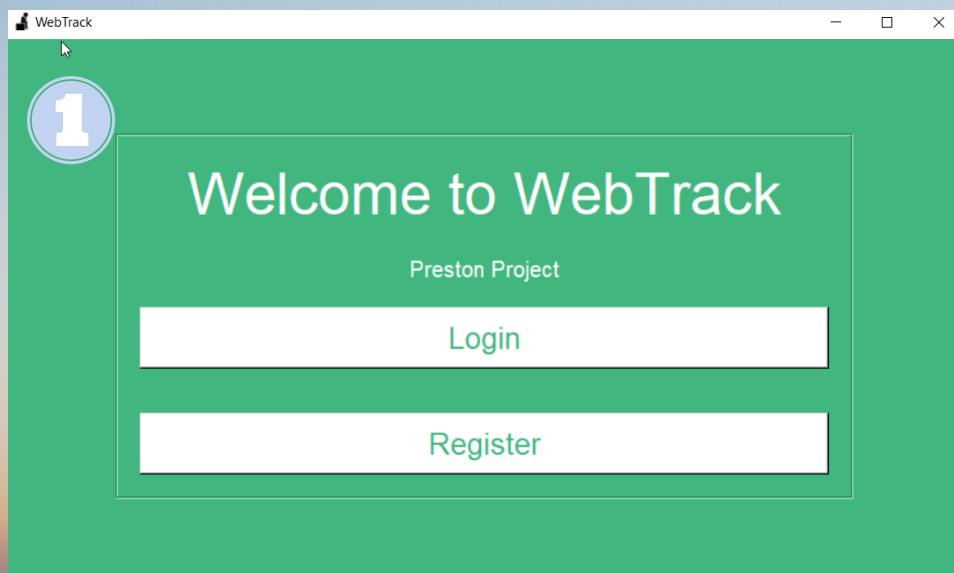
# pitch (x-axis rotation)
t0 = 2.0 * ((q0 * q1) + (q2 * q3))
t1 = 1.0 - 2.0 * ((q1 * q1) + (q2 * q2))
print('t0:{}, t1:{}'.format(t0, t1))
pitch = math.atan2(t0, t1)
print('pitch : ', pitch)

# yaw (y-axis rotation)
t2 = 2.0 * ((q0 * q2) - (q3 * q1))
if t2 > 1.0:
    t2 = 1.0
if t2 < -1.0:
    t2 = -1.0
yaw = math.asin(t2)
print('yaw : ', yaw)

# roll (z-axis rotation)
t3 = 2.0 * ((q0 * q3) + (q1 * q2))
t4 = 1.0 - 2.0 * ((q2 * q2) + (q3 * q3))
print('t3:{}, t4:{}'.format(t3, t4))
roll = math.atan2(t3, t4)
print('roll : ', roll)
print('pitch:{}, yaw:{}, roll:{}'.format(pitch, yaw, roll))

X = int((yaw/math.pi)*180)
Z = int((roll/math.pi)*180)
return 0, Y, X, Z
```

## Annexe 3 : Interface Graphique Tkinter



# Questionnaire

Nom:

Prénom:

Âge:

Activité:

Sexe:

Durée de travail sur écran:

M / F

Combien d'heures par jour travaillez-vous en moyenne sur écran ?

Le rythme de travail est-il :

Libre / Imposé

Votre tâche est-elle monotone ?

Oui / Non

L'indisponibilité de l'écran, due aux pannes ou aux délais d'attente de l'ordinateur, constitue-t-elle, pour vous, un facteur de gêne ?

Souvent / Quelquefois / Rarement / Jamais

Siège de la douleur :

Nuque Oui / Non

Épaule gauche Oui / Non

Épaule droite Oui / Non

Coude gauche Oui / Non

Coude droit Oui / Non

Haut du dos Oui / Non

Bas du dos Oui / Non



## Rapport de stage Visa du maître de stage

---

Etablissement / entreprise : ISIS

Nom et prénom : Adrien Defossez

Fonction : Maître de conférences

**a pris connaissance du rapport de stage de l'élève :**

Nom et prénom / Promotion : Charbonnier Gaëtan

Titre du rapport : Développement d'une solution permettant d'améliorer la santé des télétravailleurs

Année universitaire : 2020-21

Fait à Castres  
l'entreprise

Le 14 juin 2021

Signature et cachet de



Ce document original doit être joint au rapport de stage papier lors de sa remise au responsable des stages.