

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Automatique  
Spécialité : Automatique

Présenté par : NAGHRAOUI Djihane et TAMAZIRT Melyssa

Thème

**Système automatique d'aide à la conduite :  
reconnaissance automatique de l'état de  
concentration du conducteur.**

Soutenu publiquement, le 28 / 10 / 2020 devant le jury composé de :

M.BOUKLI Fouad	Maitre de conférence Class A	ESSA. Tlemcen	Président
Mme. HANDOUZI Wahida	Maitre de conférence Class B	Université de Tlemcen	Directrice de mémoire
M.RIMOUCHE Ali	Maitre de conférence Class B	ESSA. Tlemcen	Co- Directeur de mémoire
M.ABDELLAOUI Ghouti	Maitre de conférence Class B	ESSA. Tlemcen	Examinateur
Mme.GHOMRI Latéfa	Maitre de conférence Class A	Université de Tlemcen	Examinatrice

Année universitaire : 2019/2020.



## Dédicace

« A nos très chères mères »

Quoi que nous fassions ou que nous disions, nous ne saurons point vous remercier comme il se doit. Votre affection nous couvre votre bienveillance nous guide et votre présence à nos côtés a toujours été notre source de force pour affronter les différents obstacles.

« A nos très chères pères »

Nous dédions ce travail marquant de nos vies à la mémoire du père disparu trop tôt. Nous espérons que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

Particulièrement au père qui était avec nous depuis le début de ce travail, pour le goût à l'effort qu'il a suscité en nous, de par sa rigueur. au père, ceci est nos profondes gratitude pour ton éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A nos frères, nos grands-parents et Ceux qui ont partagé avec nous tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils nous ont chaleureusement supportés et encouragés tout au long de nos parcours. A nos familles, nos proches et à ceux qui nous donnent de l'amour et de la vivacité.

## Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude

Nous voudrions tout d'abord adresser toutes nos reconnaissances à la directrice de ce mémoire, Madame HANDOUZI, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Nous tenons à remercier M.ALI RIMOUCHE, codirecteur de nos mémoires, pour son soutien tout au long de nos travaux et pour ses conseils scientifiques et techniques.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenantes et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Nous désirons aussi remercier les professeurs de l'école Supérieur en Science appliquée de TLEMCEM qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

L'enseignement de qualité dispensé pour le master et l'ingénierat a également su nourrir nos réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc aux enseignants-chercheurs.

Pour terminer, nous rendons un chaleureux hommage à nos parents, pour lesquels les mots ne peuvent rendre grâce car ils ont été pour nous une source d'amour, de soutien, de courage, de confiance et qu'ils trouvent ici la concrétisation de leurs espoirs.

# Table des matières

Dédicace .....	iii
Remerciements .....	iv
Table des matières .....	v
Liste des abréviations .....	viii
Liste des tableaux .....	ix
Liste des figures.....	x
1. Les systèmes d'aide a la conduite (ADAS) .....	2
1.1 Introduction .....	2
1.2 Problématique.....	2
1.3 La vigilance .....	2
1.4 Détecteur de la fatigue.....	3
1.4.1 Conséquences de la fatigue.....	3
1.4.2 Technologies de détection et de surveillance de la fatigue.....	4
1.5 Aide au stationnement (bip, caméra et lignes d'assistance) .....	7
1.6 Système d'aide au maintien dans la voie.....	7
1.7 Aide au freinage d'urgence .....	8
1.8 Adaptive Cruise control.....	8
1.9 Avertisseur d'angle mort .....	9
Conclusion.....	10
2. Le rythme cardiaque .....	11
2.1 Introduction .....	11
2.3 Fréquence cardiaque.....	12
2.4 La variabilité de la fréquence cardiaque.....	12
2.5 La mesure du rythme cardiaque (sans contact) .....	13

2.5.1	Doppler.....	13
2.5.2	Caméras thermiques.....	16
2.5.3	Electrodes ECG sans contact (Capacitively Coupled ECG).....	17
2.5.4	Caméras optiques et webcams.....	18
2.6	Mesures de l'activité cardiaque par des technologies en contact .....	20
2.6.1	Electrocardiogramme (ECG).....	20
2.7	L'impact du stress sur le rythme cardiaque .....	21
2.8	Définition du stress.....	22
2.9	Stresseur .....	24
2.10	Phases du stress et types de stresseurs.....	24
2.10.1	Phases de stress.....	24
2.10.2	Types de stresseurs.....	25
2.11	Symptômes du stress .....	25
2.12	Modalités de reconnaissance du stress .....	26
2.13	Reconnaissance du stress.....	26
2.13.1	Caractéristiques du visage.....	26
2.13.2	Expressions faciales.....	27
2.13.3	Mouvements oculaires.....	27
2.13.4	Dilatation de la pupille.....	28
2.13.5	Expression vocale.....	29
2.13.6	Changements physiologiques.....	29
2.13.7	Le rythme cardiaque.....	30
	Conclusion.....	31
3.	Méthodologie.....	32
3.1	Introduction .....	32
3.2	Logiciels et matériels utilisés .....	33
3.3	Bibliothèques utilisées.....	33
3.4	Extraction de la valence.....	34
3.4.1	Définition de la valence de l'émotion.....	34
3.4.2	Modélisation de la valence exprimée par le visage.....	35
3.4.3	Relation entre le stress et les émotions à valence négative.....	37
3.4.4	Choix de la base de données.....	38

3.4.5	Prétraitement de la base de données.....	39
3.4.6	Implémentation de l'architecture destinée à la classification de la valence de l'émotion.....	41
3.5	Définition des CNN.....	42
3.6	Implémentation.....	45
3.6.1	Résultats.....	46
3.6.2	Analyse des résultats.....	49
3.6.3	Programmation de l'interface.....	50
3.7	Résultats.....	51
3.7.1	Analyse des résultats.....	53
3.8	Extraction du rythme cardiaque.....	53
3.8.1	Formation du signal PPG.....	53
3.8.2	Résultat.....	55
3.8.3	Analyse de résultat.....	55
	Conclusion.....	56
	Conclusion générale.....	57
	Bibliographie.....	58

## Liste des abréviations

ACC	Régulateur de vitesse adaptatif
ADAS	Système avancé d'assistance au conducteur
AFU	Assistance au freinage d'urgence
AV	Auriculo-ventriculaire
BF	Base Fréquences de la variabilité cardiaque
BMP	Battement par minutes
BSM	Surveillance des angles morts
EEG	Electroencéphalographie
FC	Fréquence cardiaque
HF	Hautes Fréquences de la variabilité cardiaque
IR	Infrarouge
OMS	Organisation mondiale de la santé
PPG	Photopléthysmographie
SA	Sino-auriculaire
SNA	Système Nerveux Autonome
SNP	Le système nerveux périphérique
VFC	La variabilité de la fréquence cardiaque

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Résultats et caractéristiques de l'architecture LeNet_v1.....	47
<b>Tableau 2:</b> Résultats et caractéristiques de l'architecture LeNet_v2.....	49

## Liste des figures

<b>Figure 1.1:</b> L'impact de la fatigue sur le conducteur.....	3
<b>Figure 1.2 :</b> La mesure de PERCLOS .....	5
<b>Figure 1.3 :</b> Le système Suivi des traits du visage. ....	6
<b>Figure 1.4 :</b> Le Plateforme mobile.....	6
<b>Figure 1.5 :</b> Système d'aide au maintien dans la voie.....	7
<b>Figure 1.6 :</b> Le contrôle de vitesse pour maitre le conducteur en sécurité. ....	8
<b>Figure 1.7 :</b> Avertisseur d'angle mort .....	9
<b>Figure 2.1 :</b> Coupe frontale et transversale du cœur [14]. ....	11
<b>Figure 2.2 :</b> Décalage Doppler. ....	14
<b>Figure 2.3 :</b> Exemple d'architecture d'un système Radar. ....	14
<b>Figure 2.4 :</b> Imagerie thermique infrarouge des artères. La mesure de la température est généralement le niveau de l'artère carotide (a), de l'artère temporale superficielle (b) ou de l'artère (c) [14] ....	17
<b>Figure 2.5 :</b> Observez le PPG du visage par la luminosité (à gauche). Deux pics peuvent être observés dans l'analyse spectrale du signal PPG (à droite). Le premier est situé près de 0,3 Hz et correspond à fréquence respiratoire. La deuxième fréquence est de 1,2 Hz, ce qui correspond à la fréquence cardiaque [14]. ....	18
<b>Figure 2.6 :</b> Observation de la PPG sur plusieurs régions du visage. Chaque signal PPG (a) est formé à partir des différentes régions d'intérêt (b). Visuellement, la région qui englobe les pixels du front sur la figure (b) présente un signal PPG de très bonne qualité. Son spectre (c) est aussi largement moins .....	19
<b>Figure 2.7 :</b> Un électrocardiogramme normal. ....	20
<b>Figure 2.8 :</b> Exemple d'un EGC normal (a droite)et EGC anormal (a droite ).....	21
<b>Figure 2.9 :</b> Les symptômes du stress sur le cœur.....	22
<b>Figure 2.10 :</b> Système nerveux central et système nerveux périphérique. ....	23
<b>Figure 2.11 :</b> Système nerveux autonome [1].....	23
<b>Figure 2.12:</b> Un exemple du PPG.....	26
<b>Figure 2.13 :</b> Un exemple de points de suivi de la vision sur le visage du sujet [1].....	27
<b>Figure 2.14 :</b> Les mouvements des yeux dans le stress. ....	28
<b>Figure 2.15:</b> Exemple d'un délatation du pupille.....	28

<b>Figure 2.16:</b> Quelques changements physiologiques lors du stress.....	29
<b>Figure 2.17 :</b> Les conséquences du stress aigu.....	30
<b>Figure 3.1 :</b> Système de détection mis au point. ....	32
<b>Figure 3.2 :</b> Représentation de quelques émotions sur l’axe e la valence et de la dominance. ....	35
<b>Figure 3.3:</b> Expressions faciales relatives au neutre.....	36
<b>Figure 3.4:</b> Exemple d’expression faciales relative à une émotion à valence positive (la joie).....	36
<b>Figure 3.5:</b> Exemple d’expressions faciales d’ine émotion à valence négative.....	37
<b>Figure 3.6:</b> Echantillons de la base de données RaFD.. ....	39
<b>Figure 3.7 :</b> Reconfiguration de la base des données. ....	40
<b>Figure 3.8 :</b> Redimensionnement de la base de données.. ....	41
<b>Figure 3.9 :</b> Le système de détection .....	42
<b>Figure 3.10 :</b> Schéma représente les CNN .....	43
<b>Figure 3.11 :</b> Illustration d’une opération de convolution .....	43
<b>Figure 3.12 :</b> Déroulement du max pooling .....	44
<b>Figure 3.13 :</b> Architecture LeNet. ....	46
<b>Figure 3.14 :</b> Architecture LeNetv_1. ....	46
<b>Figure 3.15 :</b> Evolution du taux de validation et d’entraînement de LeNet_v1. ....	48
<b>Figure 3.16: :</b> Architecture LeNetv_2.....	48
<b>Figure 3.17: :</b> Evolution du taux de validation et d’entraînement de LeNet_v2.....	48
<b>Figure 3.18:</b> Résultat d’état neuter... ..	51
<b>Figure 3.19 :</b> Résultat d’état positive.....	51
<b>Figure 3.20 :</b> Résultat d’état negative.....	52
<b>Figure 3.21:</b> Les variations de couleur entraînées par la PPG.....	54
<b>Figure 3.22:</b> Extraite le signal PPG sur le canal vert.....	54
<b>Figure 3.23:</b> Résultat du rythme cardiaque.....	55

# Introduction générale

Dans la société moderne, le stress est un problème courant. Le stress permanent peut causer divers problèmes mentaux et physiques, en particulier pour les personnes confrontées à la vie quotidienne, les accidents, le manque de sommeil et le stress au travail. À cet égard, évaluer le stress d'une personne est primordial.

Diverses méthodes de détection de stress existent, il peut être mesuré soit par le changement d'expressions corporelles ou alors des signaux physiologiques. Tout d'abord, nous devons choisir la méthode de reconnaissance du stress. Sur la base de cette idée, des méthodes de détection sans contact sont proposées. Le but de ce travail est de concevoir un système capable d'analyser avec précision l'état de stress d'un conducteur selon deux aspects : le rythme cardiaque et la valence de l'émotion.

Pour arriver à notre but et expliciter notre démarche, nous avons décidé de décomposer ce mémoire en trois grands chapitres :

- Un premier chapitre dans lequel une revue littéraire sur les systèmes d'aide à la conduite sera faite.
- Un deuxième chapitre qui sera dédié aux techniques de mesures du stress et dans lequel nous nous baserons sur la mesure du rythme cardiaque avec des techniques avec et sans contact.
- Enfin, un dernier chapitre qui sera dédié à la méthodologie et dans lequel nous mettons en exergue la manière avec laquelle le système à en somme, été synthétisé.

# 1. Les systèmes à l'aide de la conduite (ADAS)

## 1.1 Introduction

Tout comme les fonctions de sécurité actives ou les fonctions de confort, les systèmes d'aide à la conduite se multiplient avec l'émergence des nouvelles techniques dans les capteurs et ordinateurs embarqués. Les systèmes d'aide à la conduite n'agissent pas uniquement sur le véhicule en cas d'urgence, ils permettent d'apporter un confort à la conduite du véhicule en déléguant certaines tâches au véhicule [2].

## 1.2 Problématique

Selon l'OMS, les accidents de la route dans le monde tuent chaque année environ 1,3 millions de personnes et font de 25 à 50 millions de blessés [1]. De nombreux facteurs contribuent aux risques de collision tels que l'état de la chaussée, respect le Code de la route, l'expérience du conducteur mais l'une des causes principales des accidents de la route recensés serait liée à un trouble de l'attention du conducteur aussi son comportement et son état physique [3].

## 1.3 La vigilance

Le niveau de vigilance d'une personne est étroitement lié à un sommeil adéquat dans la région pour répondre à ses besoins physiologiques. Lorsqu'une personne manque de sommeil la nuit (charge de sommeil, mauvaise qualité du sommeil, voire pathologie du sommeil), la vigilance diurne est considérablement réduite, ce qui peut entraîner une somnolence et une fatigue mentale récurrente et une physique contre-productive. La vigilance derrière le volant est un élément essentiel de la sécurité. La concentration du conducteur est essentielle pour une maîtrise parfaite de la conduite. Plusieurs facteurs affectent l'agilité pendant la conduite. Les principaux sont : la fatigue, le stress cela jouera un rôle dans nos temps de réaction et dans nos pertinences par rapport à notre décision. D'autre part la fatigue, le manque de vigilance et même le stress augmenteront le temps de réaction. Si nous réagissons plus tard, nous devons affronter un danger plus rapproché et je n'aurais peut-être pas la marge de manœuvre pour éviter un accident [4].

## 1.4 Détecteur de la fatigue

La fatigue est la principale cause d'accidents mortels, notamment sur les autoroutes. Globalement, la fatigue joue un rôle dans environ 31% des accidents mortels. Lors de la conduite, la fatigue entraîne une concentration réduite, des temps de réaction plus longs et un temps plus long pour l'analyse de la situation. En fait, la prise de décision face au danger est beaucoup plus évidente, ce qui augmente le risque d'accident (figure 1.1). Dans le pire des cas, la fatigue peut provoquer de la somnolence, et il y a un risque d'accident, puis proche de 100% [5].



**Figure 1.1** : L'impact de la fatigue sur le conducteur.

Le détecteur de fatigue analyse le comportement du conducteur pendant le premier quart d'heure de conduite et lorsque le véhicule roule à une vitesse d'environ 65 km / h. Par conséquent, le système est principalement utilisé pour éviter la fatigue sur les autoroutes. Lorsque le système détecte une différence significative par rapport aux premières minutes de conduite, ou lorsque le conducteur a conduit derrière le volant pendant plus de 4 heures, le système déclenchera des alarmes visuelles et sonores pour encourager le conducteur à se reposer [5].

Dans le futur, la détection de fatigue pourra être réalisée à l'aide d'une caméra intégrée au tableau de bord, qui analysera le comportement du conducteur (cils, bâillement, inclinaison de la tête, direction du regard, etc.). En effet, il est nécessaire de prendre en compte les multiples positions du siège et du volant, qui peuvent gêner la ligne de visée de la caméra et des accessoires (lunettes, perforations, etc.), et ces lignes de visée peuvent entraîner d'autres difficultés pour analyser correctement les données. Recueilli par caméra. Il n'est pas certain que la technique fournira en fin de compte de meilleurs résultats que les systèmes actuels [5].

### 1.4.1 Conséquences de la fatigue

Comme la fatigue, ce phénomène est initialement périodique, la vigilance oscille entre veille et somnolence. Cependant, bien que la fatigue rende le conducteur prêt à répondre aux stimuli d'alertes, tous les stimuli sont réduits en cas de somnolence. C'est le principal danger lors de la conduite : peu importe combien de temps nous conduisons, cela provoquera un micro-sommeil (de 1 à

4 secondes), et il y a beaucoup de risques de s'endormir. Signes d'avertissement de la somnolence au volant :

- La sensation de paupières lourdes
- Veux se frotter les yeux
- Besoin de bouger ou de changer de position fréquemment
- Inconfort visuel
- Il fait froid [6].

Conduire sous fatigue ou somnolence peut entraîner une mauvaise évaluation de la vitesse, une diminution de la concentration et une vitesse de réaction lente comme par la suite [6].

### **1.4.2 Technologies de détection et de surveillance de la fatigue**

Des progrès importants ont été réalisés dans la technique de surveillance de la fatigue au cours de la dernière décennie. Ces solutions technologiques innovantes sont désormais disponibles dans le commerce et offrent de réels avantages en matière de sécurité aux conducteurs, opérateurs et autres travailleurs détachés dans toutes les industries. Les développeurs de logiciels, les ingénieurs et les scientifiques développent des logiciels de détection de la fatigue en utilisant divers indices physiologiques pour déterminer l'état de fatigue ou de somnolence.

#### **a. Technologie d'électroencéphalographie (EEG)**

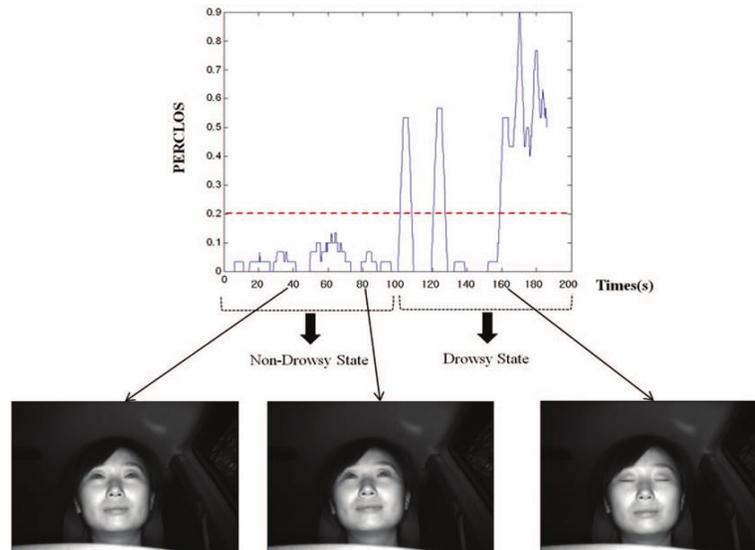
Un logiciel de détection de la fatigue analyse le comportement et les signes d'alerte pour déterminer le début de la fatigue. La technique a le potentiel d'être un outil très précis pour détecter les premiers stades de la fatigue du conducteur et minimiser la probabilité d'incidents. La technique permet aux opérateurs d'identifier leurs niveaux de vigilance en temps réel.

Le nouveau logiciel de détection de fatigue EEG mesure la capacité d'un individu à résister au sommeil. Le micro-sommeil ne se produit que lorsqu'un individu ne résiste pas au sommeil, cela ne se produit pas lorsqu'un individu choisit de se reposer. Cependant, lorsque la capacité d'un individu à résister au sommeil diminue, il existe un risque de micro-sommeil [7].

#### **b. Suivi de l'ouverture des yeux en pourcentage (PERCLOS)**

PERCLOS est une mesure de la somnolence, appelée le pourcentage de paupières fermées sur la pupille au fil du temps, qui reflète des fermetures de paupières lentes ou tombantes plutôt que des clignements.

PERCLOS est un logiciel développé par un propriétaire pour déterminer le début de la fatigue. Chaque développeur technologique utilise une configuration unique et une combinaison de matériel pour améliorer la précision et la capacité de suivre le mouvement des yeux, le comportement des paupières, la tête et le visage dans toutes les circonstances possibles (figure1.2)[7].

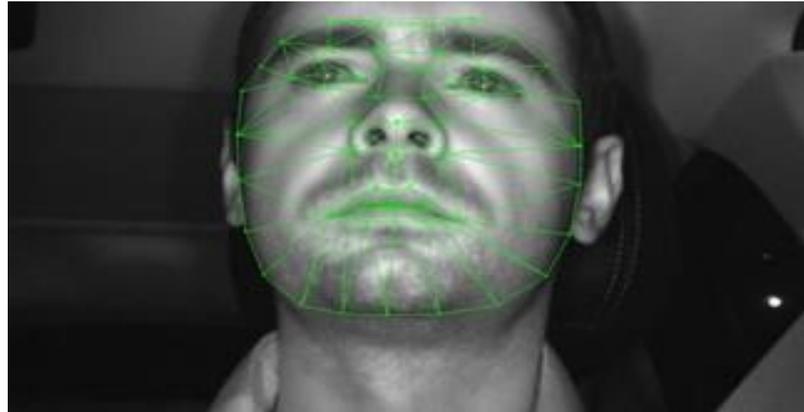


**Figure 1.2 :** La mesure de PERCLOS.

Les systèmes de suivi flexibles fournissent un suivi de la tête et du visage qui comprend le suivi des yeux, des paupières. Bien que des études aient confirmé une corrélation entre PERCLOS et la déficience, certains experts s'inquiètent de l'influence que le comportement oculaire non lié au niveau de fatigue peut avoir sur la précision des mesures. La poussière, un éclairage insuffisant, l'éblouissement et les changements d'humidité sont des facteurs non liés à la fatigue qui peuvent influencer le comportement oculaire de l'opérateur [8].

### c. Suivi des traits du visage

Le système de vision par ordinateur utilise une caméra discrète montée sur le tableau de bord et deux sources de lumière infrarouge pour détecter et suivre les traits du visage de l'opérateur (figure1.3). Le système analyse les fermetures des yeux et les poses de la tête pour déterminer l'apparition précoce de la fatigue et de la distraction. Il s'agit du pourcentage de temps pendant lequel les yeux sont complètement fermés pendant un intervalle d'une minute [9].



**Figure 1.3 :** Le système Suivi des traits du visage.

**d. Plateforme mobile :**

Récemment, le logiciel du système de détection de fatigue a été modifié pour fonctionner sur les téléphones mobiles Android. La technique utilise la caméra du téléphone portable qui est montée sur un support sur le tableau de bord de la cabine pour surveiller les mouvements oculaires de l'opérateur (figure 1.4). Les développeurs de systèmes ont préféré utiliser la technique du mouvement des paupières. Le système robuste est capable de suivre les mouvements rapides de la tête et les expressions faciales. Les techniques d'apprentissage en profondeur ne nécessitent pas d'étapes de sélection de fonctionnalités distinctes pour identifier les positions des yeux, de la bouche ou de la tête et ont le potentiel d'augmenter encore la précision des prédictions [10].



**Figure1.4 :** Le Plateforme mobile.

## 1.5 Aide au stationnement (bip, caméra et lignes d'assistance)

L'aide au stationnement, également appelé aide au parking ou parc assist, est un dispositif automobile qui permet de stationner le véhicule en toute sécurité. Le système d'aide au stationnement peut faire tourner le volant pour le conducteur. Cela facilite la gestion de l'accélérateur et du frein. Si la vitesse est trop élevée ou si le conducteur essaie de se diriger seul, le système d'aide au stationnement automatique s'éteint [1]. Ils représentent une forme plus sophistiquée de système d'aide au stationnement et effectuent les manœuvres de stationnement nécessaires de manière totalement autonome ou Semi-autonome.

## 1.6 Système d'aide au maintien dans la voie

Le système de maintien de voie utilise la caméra avant pour détecter si nous avons accidentellement franchi les marques de voie. Le système vous rappelle en faisant vibrer le volant et en affichant une alerte visuelle. Assurer la sécurité des usagers de la route est l'une des missions les plus importantes des constructeurs automobiles. Et pour améliorer continuellement l'expérience de conduite de leurs conducteurs, C'est donc pour répondre à cette problématique de sécurité que de plus en plus de modèles de véhicules motorisés sont équipés d'un système d'aide au maintien dans la file de circulation, qui permet d'alerter le conducteur lorsque son véhicule franchit involontairement l'une des lignes délimitant sa voie de circulation, et qui est capable de ramener automatiquement le véhicule dans sa vois (figure1.5) [11].



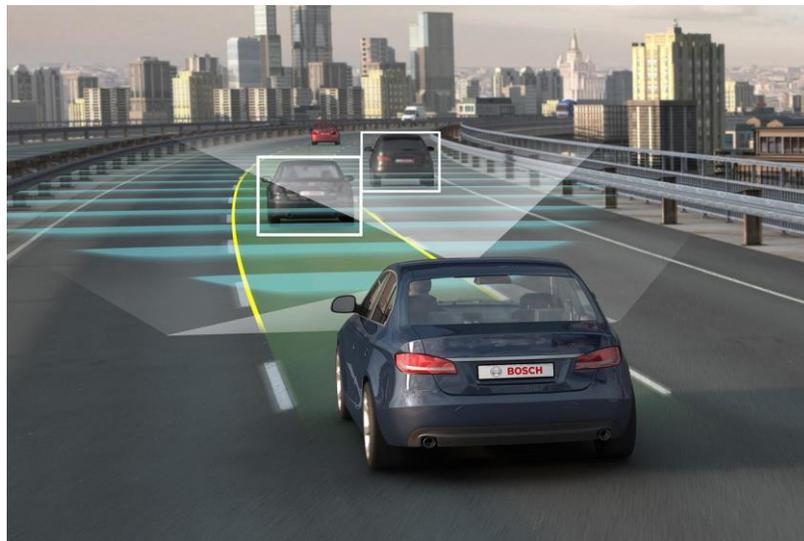
**Figure 1.5 :** Système d'aide au maintien dans la voie.

## 1.7 Aide au freinage d'urgence

Dans le monde automobile, le système d'assistance au freinage d'urgence est également appelé AFU ou EBA (Emergency Brake Assist) [12]. Quand nous sommes devant le volant, le capteur situé dans la colonne de direction analysera votre situation de conduite en temps réel dans les dix premières minutes. Il sera capable de reconnaître tout changement dans votre style de conduite. Par conséquent, lorsque vous êtes fatigué, votre vigilance sera affaiblie, et bientôt, votre véhicule aura tendance à se déplacer sur le côté. Par conséquent, le système reconnaîtra cet exercice comme un signe de votre fatigue. Une alarme se déclenchera alors, vous avertissant et vous invitant au repos avec trois messages vus, son et vibration du volant. Le véhicule ralentira et raccourcira la distance de freinage. Si une collision est inévitable, le freinage d'urgence peut également être activé dans le cadre des fonctions du système [2].

## 1.8 Adaptive Cruise control

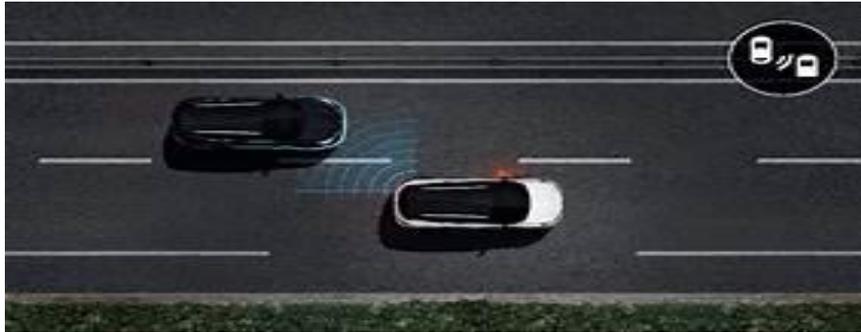
Le régulateur de vitesse adaptative (ACC) est un système de régulateur de vitesse disponible pour les véhicules routiers qui ajuste automatiquement la vitesse du véhicule pour maintenir une distance de sécurité par rapport aux véhicules qui vous précèdent. Le contrôle est basé sur les informations des capteurs embarqués (figure 1.6). Ces systèmes peuvent utiliser un radar ou un capteur laser. Ils ont un impact sur la sécurité et la commodité du conducteur ainsi que sur l'augmentation de la capacité routière en maintenant une séparation optimale entre les véhicules et en réduisant les erreurs du conducteur [2] [12].



**Figure 1.6 :** Le contrôle de vitesse pour maintenir le conducteur en sécurité.

## 1.9 Avertisseur d'angle mort

L'avertisseur d'angle mort, nommé Blind Spot Monitoring en anglais (BSM). Le capteur surveille les véhicules roulant sur le côté de la voiture. S'il est détecté, le témoin lumineux dans le rétroviseur s'allumera lorsque le conducteur allumera le clignotant. L'avantage de ce type de fonctionnement est qu'il n'émet une alarme que lorsque cela s'avère nécessaire et évite de déranger le conducteur et son attention aussi est un système d'aide à la conduite dont l'objectif est d'alerter le conducteur de la présence d'un véhicule dans les deux angles morts, gauche et droit, du véhicule[2]. Entre l'image réfléchiée par le rétroviseur et l'image que le conducteur voit de la porte ou de la fenêtre, il y a une zone non obscurcie par les yeux qui peut masquer les véhicules qui passent : c'est un angle mort. Cette fonction installée sur le miroir peut résoudre ce problème [12].



**Figure 1.7 :** Avertisseur d'angle mort.

## **Conclusion**

La plupart des accidents de la route sont dus à une erreur humaine. Les systèmes avancés d'aide à la conduite sont des systèmes développés pour automatiser, adapter et améliorer les systèmes du véhicule afin d'assurer une conduite sûre et meilleure. Les faits ont prouvé que le système d'automatisation ADAS peut réduire les accidents mortels de la route en minimisant les erreurs humaines. Le dispositif de sécurité est conçu pour éviter les accidents et les collisions en fournissant une technologie pour avertir le conducteur des problèmes, prendre des mesures de protection et contrôler le véhicule si nécessaire. La fonction adaptative peut s'allumer automatiquement, fournir un régulateur de vitesse adaptatif, aider à éviter les collisions et rappelez au conducteur les obstacles possibles, aidez au départ et au centrage de la voie [2].

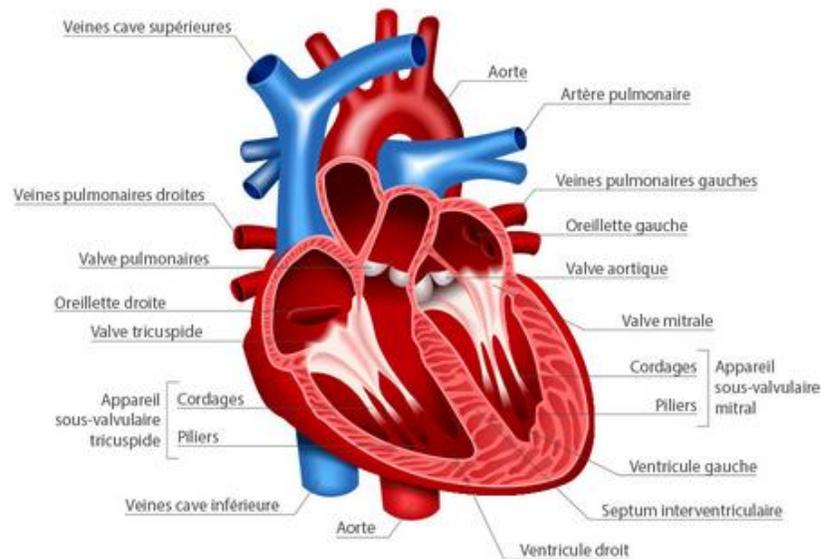
## 2. Le rythme cardiaque

### 2.1 Introduction

Le rythme cardiaque est une notion qualitative qui désigne la manière avec laquelle s'effectue une révolution cardiaque, la manière dont les cycles se succèdent. Le rythme cardiaque est le mécanisme à l'origine de la contraction des ventricules. Il existe plusieurs méthodes pour la mesure de l'activité cardiaque : technologies sans contact et avec contact mais nous sommes intéressés par les méthodes sans contact « webcam ».

### 2.2 Le cœur humain

Le cœur est un muscle creux, situé au niveau de la poitrine entre les poumons et sur la membrane du diaphragme transverse. Ce muscle est une pompe dont la fonction est de pousser le sang vers tous les organes de l'organisme. La structure interne du cœur est divisée en trois couches de l'intérieur vers l'extérieur : l'endocarde, le myocarde et le péricarde (figure 2.1) [13].



**Figure 2.1** : Coupe frontale et transversale du cœur [14].

Le cœur est un organe dont la fonction et l'état de stress sont révélés, et la mesure de son activité permet d'évaluer des données objectives les indicateurs suivants sont pertinents :

### 2.3 Fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques dans une période de temps donnée (généralement une minute). Il change sous l'influence de nombreux paramètres : le sexe, l'âge, la forme physique, la corpulence, la présence d'une pathologie, les émotions, la prise de médicaments, etc. On estime que chez l'adulte, la fréquence cardiaque normale au repos se situe entre 60 et 100 battements par minute (bpm). L'activité électrique contrôle la fréquence cardiaque. Lorsque ce dernier est normal, nous parlons d'un rythme sinusal normal. Cependant, la fréquence cardiaque atteint un seuil qui ne peut pas être dépassé, ce qui correspond à la fréquence cardiaque maximale[15]. Il existe deux types de fréquences :

- **Fréquence cardiaque faible (Bradycardie):** La bradycardie est définie comme un rythme plus lent que la normale, moins de 55 battements par minute, la bradycardie peut envoyer des signaux anormaux sur le nœud sinusal ou la conduction électrique entre l'oreillette et le ventricule [16]
- **Fréquence cardiaque élevée (Tachycardie) :** Un cœur en santé bat de 60 à 100 fois par minute. L'exercice, le stress ou la peur peuvent accélérer le cœur, mais il s'agit d'une réaction normale. Lors de l'utilisation de la tachycardie, le cœur peut dépasser 100 battements cardiaques par minute et peut atteindre 400 battements cardiaques par minute [1].

### 2.4 La variabilité de la fréquence cardiaque

Un rythme cardiaque sain contient un comportement irrégulier sain. Même si votre rythme cardiaque est de 60 battements par minute, cela ne signifie pas que votre cœur bat à chaque seconde ou bat à chaque minute comme une horloge. Au lieu de cela, il existe des différences entre nos intervalles de rythme cardiaque. L'intervalle entre les battements cardiaques consécutifs peut être, par exemple, de 0,85 seconde entre deux battements cardiaques consécutifs et de 1,35 seconde entre les deux autres battements cardiaques. Cette variabilité est relativement facile à mesurer et constitue un excellent marqueur.

La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est un moyen pratique, non invasif et fonction reproductible du système nerveux autonome. Bien que le cœur soit relatif une fois stabilisé, le temps entre deux battements cardiaques (R-R) peut être très différent. Le VFC est le changement de ces battements cardiaques continus avec le temps [17].

## 2.5 La mesure du rythme cardiaque (sans contact)

### 2.5.1 Doppler

L'effet Doppler ou effet Doppler Fizeau représente le décalage de fréquence entre les ondes (mécaniques, électromagnétiques ou autres) observé entre la transmission et la réception. L'émetteur et le récepteur changent avec le temps. Si nous spécifions habituellement ce phénomène physique sous le nom d'effet Doppler, alors le nom d 'effet Doppler-Fizeau sera réservé aux ondes électromagnétiques [18]. L'effet Doppler se manifeste par exemple pour une source sonore ponctuelle qui émet des ondes de fréquence au repos 400 HZ, le microphone mesurera la fréquence du son qu'il capte quelle que soit la position autour de la source du signal uniforme dont la vitesse est inférieure à la vitesse du son, la fréquence qu'il mesure est supérieure à la fréquence de la source sonore et le son perçu est toujours plus clair que la source sonore est lorsque la source sonore est stationnaire. La source du signal est loin du microphone, la fréquence qu'il mesure est inférieure à la fréquence de la source du signal, le son reçu est plus grave que si la source du signal est fixe, alors le changement de la fréquence perçue à la fréquence est appelé effet Doppler et puisque le système radar peut mesurer le mouvement et la vitesse précision cible, ces systèmes sont idéaux pour mesurer le déplacement poitrines causés par le rythme cardiaque et la respiration.

L'appareil est orienté vers la poitrine de l'individu qui peut se trouver à une distance maximale d'environ 10 mètres. Dans ce type de système, la respiration est considérée comme la principale source de bruit. La technique de traitement du signal est utilisée pour séparer efficacement ces deux paramètres physiologiques, notamment par une amplification analogique et filtrage adaptatif. Typiquement permettent de séparer les différentes harmoniques du signal filtré. La respiration et le rythme cardiaque génèrent deux harmoniques de hautes amplitudes qui fournissent une indication sur leurs fréquences moyenne respectives [14].

- Si la poitrine du patient se déplace à grande vitesse  $v(t)$  en m/s. La fréquence du signal réfléchi changera d'une quantité appelée décalage Doppler et est définie par l'équation suivante [19] :

$$f_d = \frac{2fv(t)}{c} = \frac{2v(t)}{\lambda} \quad (2.1)$$

$f_d$  : Fréquence de décalage Doppler en Hz.

$f$  : Fréquence transmise en Hz.

$C$  : Vitesse de propagation de signal dans l'air en m/s.

$\lambda$  : Longueur d'ondes du signal transmis en m.

Et comme les mouvements de la poitrine sont des mouvements périodiques  $x(t)$ , Le décalage Doppler du signal réfléchi peut être décrit comme : (voire la figure2.2)

$$\theta(t) = \frac{2f(2\pi x(t))}{c} = \frac{4\pi x(t)}{\lambda} \quad (2.2)$$

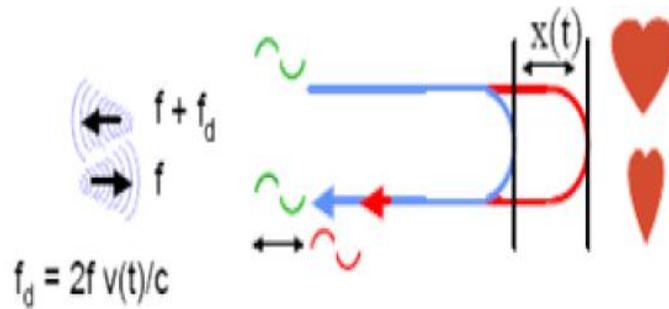


Figure 2.2 : Décalage Doppler.

L'appareil émet généralement des signaux le suivant:

$$T(t) = \cos(2\pi f \times t + \phi(t)) \quad (2.2)$$

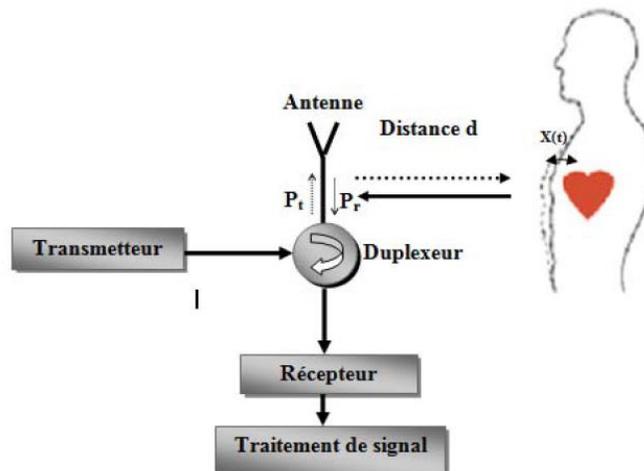


Figure 2.3: Exemple d'architecture d'un système Radar.

f est la fréquence d'oscillation. Le déplacement de la poitrine du patient x (t) et exercices liés au rythme cardiaque et à la respiration. Si le signal transmis est réfléchi par la poitrine du patient à une

distance  $d_0$ , alors le déplacement  $x(t)$  donne la distance suivante entre l'émetteur et la peau du patient (figure 2.3) :

$$d(t) = d_0 + x(t) \quad (2.5)$$

La distance entre l'antenne et la poitrine lors de la réflexion est:

$$D\left(t - \frac{d(t)}{c}\right) \quad (2.5)$$

Par conséquent, le temps de propagation du signal transmis puis reçu s'écrit:

$$t_d = \frac{2d\left(t - \frac{d(t)}{c}\right)}{c} = \frac{2\left(d_0 + x\left(t - \frac{d(x)}{c}\right)\right)}{c} \quad (2.6)$$

Par rapport au signal de l'émetteur, le signal vers le récepteur  $R(t)$  est  $t_d$  tard, Son amplitude réduite  $A_R$ :

$$R(t) = A_R \cos [2\pi f(t - t_d) + \phi(t - t_d) + \theta_0] \quad (2.7)$$

$$R(t) = A_R \cos \left[ 2\pi f \times t - \frac{4\pi d_0}{\lambda} - \frac{4\pi x\left(t - \frac{d(t)}{c}\right)}{\lambda} + \phi\left(t - \frac{2d_0}{c} - \frac{2x\left(t - \frac{d(t)}{c}\right)}{c}\right) + \theta_0 \right] \quad (2.8)$$

Où  $\lambda$  est la longueur d'onde ( $\lambda = c / f$ )

- Le terme  $\frac{d(t)}{c}$  dans  $x(t - \frac{d(t)}{c})$  est négligeable devant  $t$ .
- Le terme  $\frac{2x(t - \frac{d(t)}{c})}{c}$  est négligeable devant les autres termes.
- Donc le signal reçu peut s'écrire :

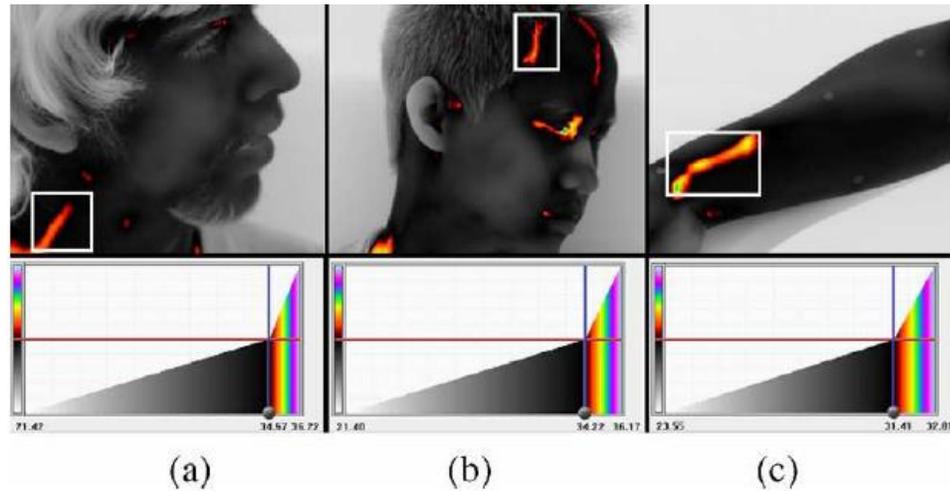
$$R(t) \approx A_R \cos \left[ 2\pi f \times t - \frac{4\pi d_0}{\lambda} - \frac{4\pi x(t)}{\lambda} + \phi \left( t - \frac{2d_0}{c} \right) + \theta_0 \right] \quad (2.9)$$

Le signal reçu est similaire au signal envoyé avec l'amplitude  $A_R$ , en plus le retard de phase est modulé en fonction du mouvement périodique de la poitrine. pour déterminer le mouvement, la phase doit être détectée et démodulée dans le récepteur [19].

### 2.5.2 Caméras thermiques

Sur le plan de détection, la caméra infrarouge (ou caméra thermique) enregistre différemment Rayonnement infrarouge (vague de chaleur) émis par le corps humain [20], autrement dit, est un appareil sans contact qui convertit la chaleur en un signal électronique, c'est un moyen simple et très pratique d'installation, présente ici un moyen non invasif.

Lorsqu'un homme (ou femme bien évidemment) stressé, les chercheurs ont observé les effets de stress. Il est vrai que ce dernier détend les vaisseaux, et par image thermique, ils constatent qu'il y a des différences de températures entre le nez et la lèvre supérieure (couleur rouge : chaud) et le front (couleur bleue : froid) aussi selon plusieurs parties du visage.



**Figure 2.4 :** Imagerie thermique infrarouge des artères. La mesure de la température est généralement le niveau de l'artère carotide (a), de l'artère temporale superficielle (b) ou de l'artère (c) [14].

Une caméra thermique a basse résolution, spatiale à (partir de 60x60 pixels), alors que pour des études plus poussées ou pour observer de petits détails avec un faible écart de température. Même si des longueurs d'onde appartenant à l'infrarouge lointain ont été utilisées, les caméras qui captent le rayonnement infrarouge sont souvent calibrées dans la bande spectrale moyenne infrarouge, c'est-à-dire entre 3 et 5  $\mu\text{m}$ . Un algorithme pour surveiller et sélectionner différentes zones d'intérêt sur le visage, permettant de mesurer uniquement certaines artères (comme l'artère carotide ou l'artère temporale superficielle). Le changement de température reflète le changement observé du volume sanguin dans le vaisseau sanguin, qui convertit les données reçues en ondelettes continues utilisées sur les données thermiques, supprimant ainsi le bruit de mesure [14].

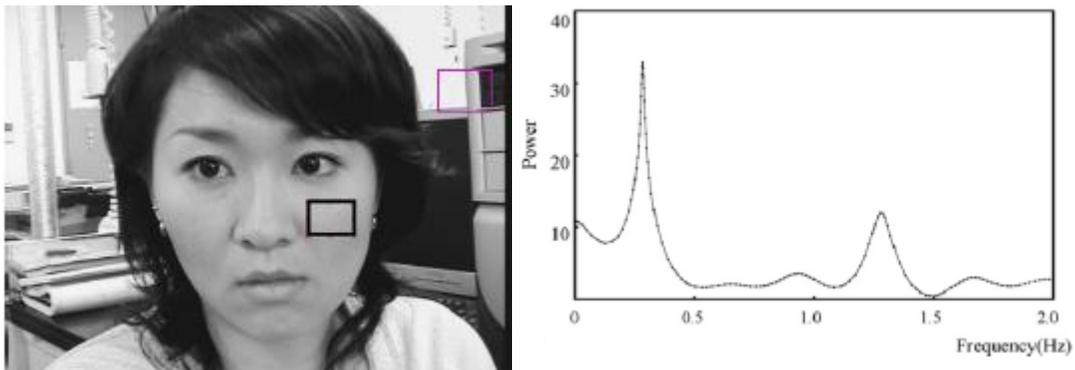
### 2.5.3 Electrodes ECG sans contact (Capacitively Coupled ECG)

Le système de mesures de (ECG) est conçu sur la base d'électrodes de détection couplées capacitivement. Les électrodes de détection sont fabriquées à partir de la carte de circuit imprimé standard. En utilisant une diode inversement connectée pour fournir la résistance de polarisation de haute valeur requise, le circuit de détection pour la détection est mis en œuvre par un amplificateur d'instrumentation à haute impédance d'entrée. Deux configurations différentes du système de mesures ECG sont construites et testées expérimentalement. L'une est une configuration de masse flottante dans laquelle seules deux électrodes de détection sont utilisées pour l'acquisition du signal ECG. Un autre est la configuration de masse passive dans laquelle une électrode de mise à la terre supplémentaire est utilisée comme référence pour la suppression du bruit en mode commun [14].

Des électrodes capacitives ont été développées pour éviter tout contact avec le site de mesure, éliminant ainsi le risque d'irritation et de démangeaisons lorsque le capteur est utilisé pendant une longue période. Le principal défi scientifique est de rendre le système suffisamment sensible pour pouvoir mesurer l'activité cardiaque à distance, tout en résistant aux interférences de l'environnement extérieur. Dans une étude récente, les chercheurs ont proposé un système de mesures de l'activité électrique cardiaque des électrodes à environ 40 cm du corps du conducteur [21].

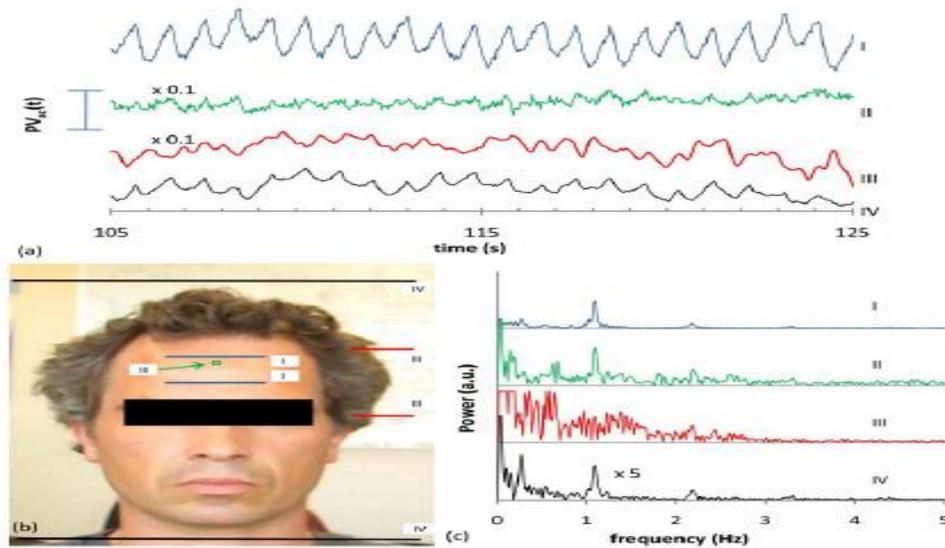
### 2.5.4 Caméras optiques et webcams

Afin de former un signal de photopléthysmographie en obtenant une moyenne spatiale dans la zone d'intérêt définie manuellement sur les joues des participants, les chercheurs ont utilisé une caméra basée sur un principe qui calculait la somme de l'intensité lumineuse des pixels sur les joues et puis diviser ce résultat par le nombre total de pixels contenus dans la zone. Le signal est traité par un filtre passe-bande pour éliminer le bruit haut fréquence. Le signal de PPG est directement proportionnel à la quantité de sang traversant le vaisseau sanguin, même s'il est très puissant pour détecter de petits changements dans le volume sanguin, il utilise également l'infrarouge (IR). Les chercheurs obtiennent les résultats des capteurs de contact pour comparer leurs résultats



**Figure 2.5 :** Observez le PPG du visage par la luminosité (à gauche). Deux pics peuvent être observés dans l'analyse spectrale du signal PPG (à droite). Le premier est situé près de 0,3 Hz et correspond à fréquence respiratoire. La deuxième fréquence est de 1,2 Hz, ce qui correspond à la fréquence cardiaque [14].

Dans la figure (2.5) deux pics sont observables clairement, le premier pic de la respiration est traduit en fréquence, ce pic est obtenu par les mouvements lors de l'inspiration afin de créer les changements dans la zone d'intérêt. Le deuxième pic traduit la fréquence cardiaque moyenne telle que la mesure obtenue par le calcul de battements par minute en multipliant cette valeur par 60.



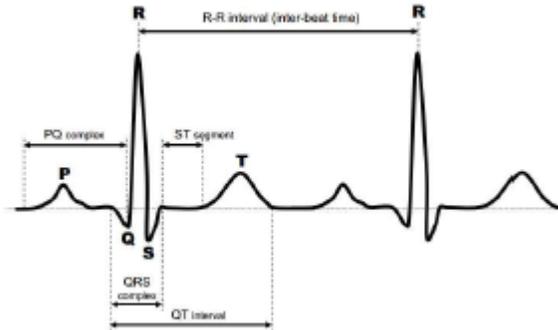
**Figure 2.6 :** Observation de la PPG sur plusieurs régions du visage. Chaque signal PPG (a) est formé à partir des différentes régions d'intérêt (b). Visuellement, la région qui englobe les pixels du front sur la figure (b) présente un signal PPG de très bonne qualité. Son spectre (c) est aussi largement moins dispersé que ceux des autres régions étudiées [14].

Le PPG du front et le signal respiratoire ont été enregistrés simultanément chez 35 sujets en respirant spontanément et pendant des expériences de respiration. Quatre signaux respiratoires dérivés du PPG ont été extraits de chacun des signaux PPG enregistrés: variabilité de la fréquence du pouls, variabilité de la largeur d'impulsion, variabilité de l'amplitude du pouls et variabilité de l'intensité induite par les voies respiratoires (VIIR). La fréquence respiratoire a été estimée à partir de chacun des quatre signaux.

Principaux résultats: les résultats montrent de meilleures performances en termes d'estimation réussie lorsque: la fréquence respiratoire est inférieure à 0,4H, et le signal VIIR n'est pas pris en compte. De plus, une puissance spectrale plus faible autour de la fréquence respiratoire dans les signaux PDR enregistrés à partir du front a été observée[1].

## 2.6 Mesures de l'activité cardiaque par des technologies en contact

### 2.6.1 Electrocardiogramme (ECG)



**Figure2.7** : Un électrocardiogramme normal.

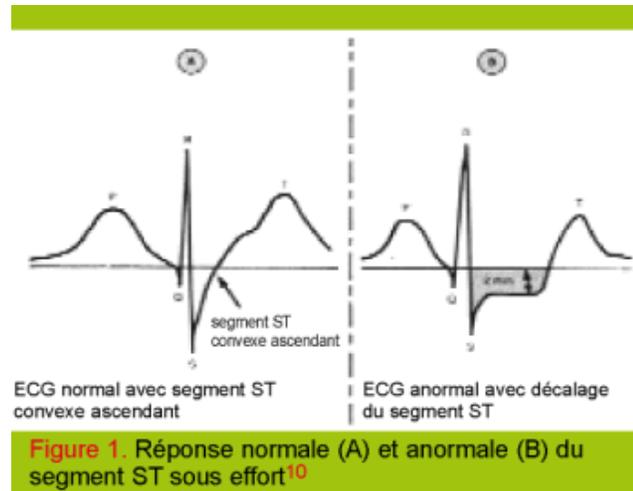
L'ECG enregistre les tensions électriques cardiaques à la surface de la peau en plaçant le métal électrodes sur le corps. Pour garantir la bonne qualité des enregistrements ECG, normalement, la peau doit d'abord être nettoyée avec de l'alcool. Dans le cas normal (La figure 2.7), l'ECG est périodique. L'intervalle de temps entre deux battements cardiaques est appelé intervalle interbattements (IBI). L'IBI peut être calculé en observant l'intervalle de temps entre deux pics R consécutifs en détectant le complexe QRS, qui est utilisé pour mesurer la fréquence cardiaque et déterminer la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC). Le signal ECG peut fournir une détermination plus précise de la fréquence cardiaque en la détection des pics R nets.

La fréquence cardiaque (FC) est calculée à l'aide de la formule (2.10), et l'unité standard de la fréquence cardiaque est le nombre de battements par minute (bpm). Par exemple, si le rythme cardiaque prend 1s (c'est-à-dire  $IBI = 1s$ ), il y a 60 battements cardiaques en une minute, nous disons donc que  $FC = 60 \text{ bpm}$  est la relation entre la fréquence cardiaque et le temps.

$$FC(bpm) = \frac{1}{IBI(s)} \times 60 \quad (2.10)$$

Lorsqu'une personne est stressée, l'intervalle entre chaque rythme cardiaque est irrégulier, de sorte que la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) fournit un outil important pour mesurer cette irrégularité pour la reconnaissance du stress. Le spectre de fréquences peut être divisé en trois bandes de fréquences:

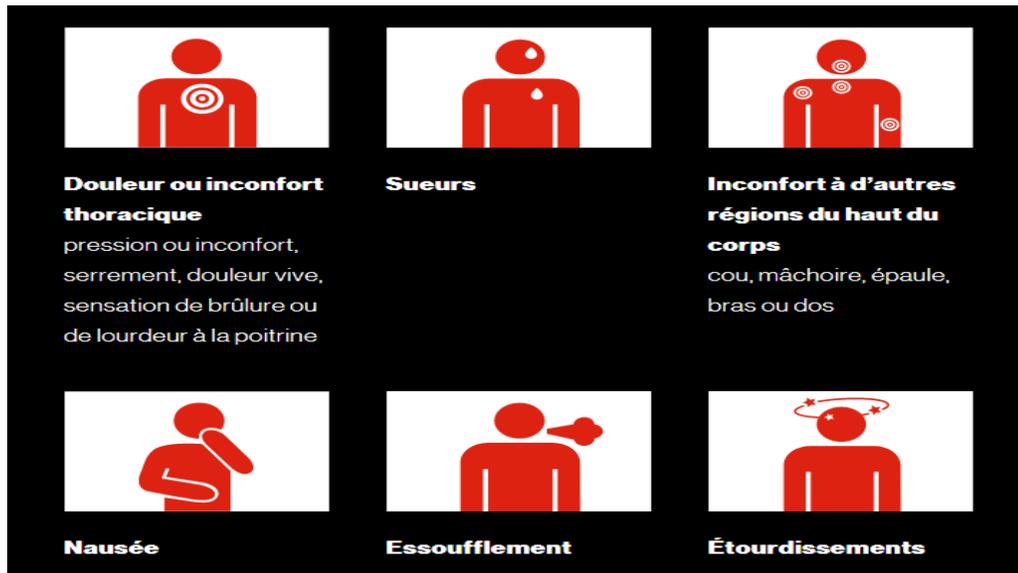
- très basse fréquence (VLF),  $f < 0,04$  Hz.
- basse fréquence (LF),  $0,04 \text{ Hz} < f < 0,15$  Hz.
- haute fréquence (HF),  $f > 0,15$  Hz.



**Figure 2.8 :** Exemple d'un EGC normal (a droite)et EGC anormal (a droite ).

## 2.7 L'impact du stress sur le rythme cardiaque

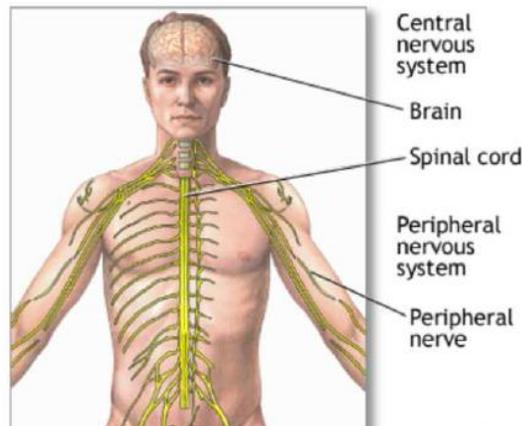
Il augmente le risque de cœur, d'arythmie, de crampes et de battements cardiaques, et ces symptômes peuvent entraîner des complications cardiaques aussi cela peut également entraîner une augmentation des niveaux d'hormones d'anxiété, qui affectent directement la santé cardiovasculaire. Ces phénomènes peuvent indirectement le risque de maladie cardiaque, car affaiblit le système immunitaire et affecte les décisions concernant l'exercice physique comme : rythme cardiaque rapide , transpiration accrue , Respiration rapide, Muscles tendus, la fatigue [22], c'est exactement ce qui arrive au conducteur lorsqu'il est dans un état du stress, ce qui entraîne des lésions nerveuse et cela se reflète dans sa concentration sur la conduite a son tour , cela conduit a des accidentes de la circulation (figure 2.9).



**Figure2.9** : Les symptômes du stress sur le cœur.

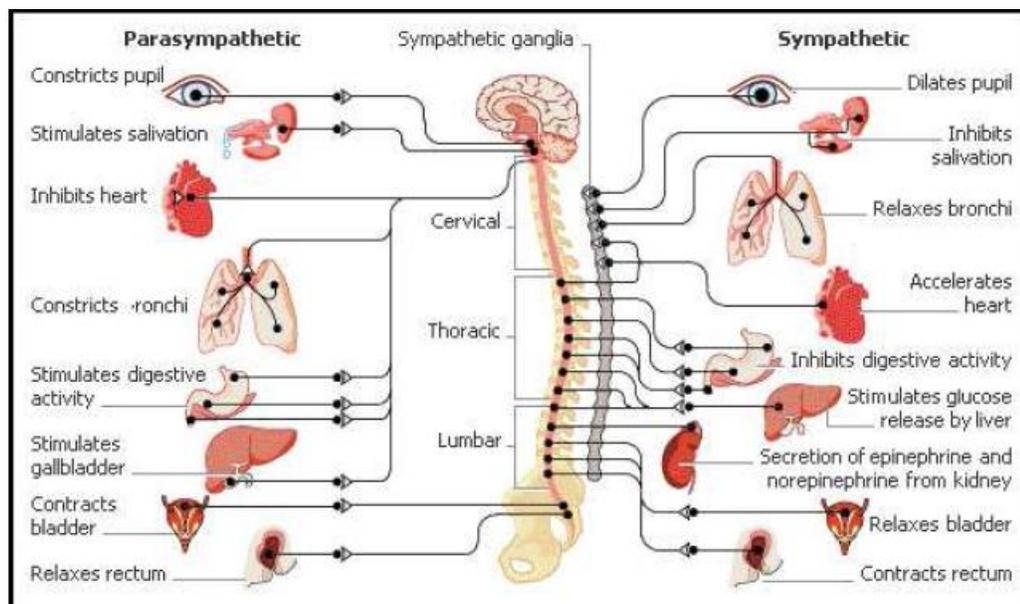
## 2.8 Définition du stress

Historiquement, le stress a été défini comme une réaction d'un état calme à un état excité tout en maintenant l'intégrité de l'organisme. En matière de psychobiologie, le stress est considéré comme un modèle de réponse complexe, généralement avec des composantes psychologiques, cognitives et comportementales (figure 2.10). Le SNP peut être divisé en système nerveux somatique et système nerveux automatique (SNA). Le système nerveux somatique contrôle les muscles squelettiques en réponse à des activités volontaires telles que les mouvements du corps et le contrôle du SNA sont des actions inconscientes [23] [24].



**Figure 2.10 :** Système nerveux central et système nerveux périphérique.

Le SNA humain est composé du système nerveux sympathique (SNS), du système nerveux parasympathique et de la fission intestinale. Le SNA contrôle les muscles lisses, le muscle cardiaque et les glandes sudoripares. Lorsque les gens sont confrontés au stress et à l'excitation émotionnelle, ces organes liés au SNA seront activés (figure 2.11). Lorsque notre cerveau perçoit le stress, le SNS stimule l'hypothalamus et sécrète des hormones de stress pour réduire la digestion, augmenter la fréquence cardiaque. Au cours de cette réponse au stress physique, notre corps libère beaucoup d'énergie. Lorsque le cerveau sent que le stress est terminé, le système nerveux parasympathique produit des hormones au niveau de base pour restaurer notre corps à un état de repos [1].



**Figure 2.11 :** Système nerveux autonome [1].

Hans SEYLE dans « the stress of life », la notion de stress est considérée comme étant un mécanisme d'adaptation face à des épisodes traumatiques naturels ou opératoires. Il a proposé deux concepts du stress: EUSTRES qui est le stress positif et Détresse qui est le stress négatif [1].

## 2.9 Stresseur

Une question majeure est de savoir si le cerveau traitera explicitement les facteurs de stress. En d'autres termes, nous voulons savoir si le cerveau classe les facteurs de stress et renvoie une réponse spécifique en fonction de la catégorie. Cependant, il n'y a généralement pas accepté les règles trouvées. Habituellement, les partisans de la classification montrent qu'il existe deux types de stresseurs basés sur la discrimination dans notre cerveau tout ce qui provoque la production d'hormones du stress sont par définition un stresseur [1]. Il en existe deux grandes catégories : stresseurs **physiques**. Ces stress peuvent entraîner des tensions ou contraintes dans notre corps (par exemple, températures très froides ou très chaudes, blessures, maladies chroniques, douleur), et stresseurs psychologiques. Ces facteurs de stress sont des incidents, des situations, des commentaires personnels, négatifs ou dangereux, où tout ce que nous considérons comme négatif ou dangereux).

## 2.10 Phases du stress et types de stresseurs

### 2.10.1 Phases de stress

SEYLE définit trois étapes par lesquelles une personne stressée passe :

- **Phase d'alarme** : C'est la phase où l'organisme prépare et mobilise l'énergie pour pouvoir contrer le problème. C'est la phase initiale qui va permettre de réagir à une situation de stress. Toutes nos capacités de défense vont se mobiliser pour faire face au danger sur une période allant de quelques minutes à plusieurs heures [23].
- **La phase de résistance** : C'est l'étape durant laquelle le corps consomme l'énergie mobilisée afin de faire face aux stresseurs et ainsi revenir à l'état d'homéostasie qui est l'état d'équilibre. La tension se prolonge ou se multiplie et nos corps se battent durs. Le stress dans ce cas entraîne les symptômes suivants : maux de tête, fatigue, anxiété, tension musculaire, troubles digestif [23].
- **La phase d'épuisement** : C'est quand les agents stressants persistent et que l'organisme n'a plus assez d'énergie pour y faire face [25]. Si cette phase de résistance se prolonge, notre corps sera perdu, la soupape de sécurité explosera et il y aura de l'inconfort. À long terme, le stress peut provoquer des symptômes plus graves: maladies du cœur et du système digestif (colite, ulcères d'estomac, etc.), problèmes de mémoire, dépression, fatigue[23].

### 2.10.2 Types de stressseurs

En 1970, John MASON prouve que les stressseurs peuvent autant être physiques que psychiques. Ses expériences sur les singes prouvent qu'un singe observant la détresse de ses congénères déployait lui aussi une réaction de stress. En 2010, Sonia LOUPIN démontre ce phénomène chez l'homme. Elle décrit ainsi quatre sortes de situation susceptible d'induire le stress : le manque de contrôle, l'imprévisibilité, la nouveauté et enfin la menace de l'ego [25].

## 2.11 Symptômes du stress

Le stress dans son intégralité présente plusieurs spécificités, tant physiologique que comportementales parmi elles :

- **Fatigue constante** : Un stress permanent peut épuiser gravement le corps et l'esprit, entraînant le besoin de beaucoup de repos. Par conséquent, nous avons besoin de plus de temps que le sommeil normal pour soulager les symptômes de stress [22].

- **Troubles du sommeil** : Le stress vous permet de rester actif pour toujours. Non seulement cela maintient votre corps très alerte, mais les symptômes de stress peuvent également affecter votre pensée. Par conséquent, votre corps et votre esprit sont gênés par des symptômes de stress, qui peuvent entraîner des troubles du sommeil [22].

- **Palpitations cardiaques** : La réaction au stress provoque en fait une augmentation de la fréquence cardiaque, ce qui entraîne un stress persistant dans le cœur. En plus du cœur, les muscles tendus et les pupilles dilatées font toujours partie des conséquences du stress [22].

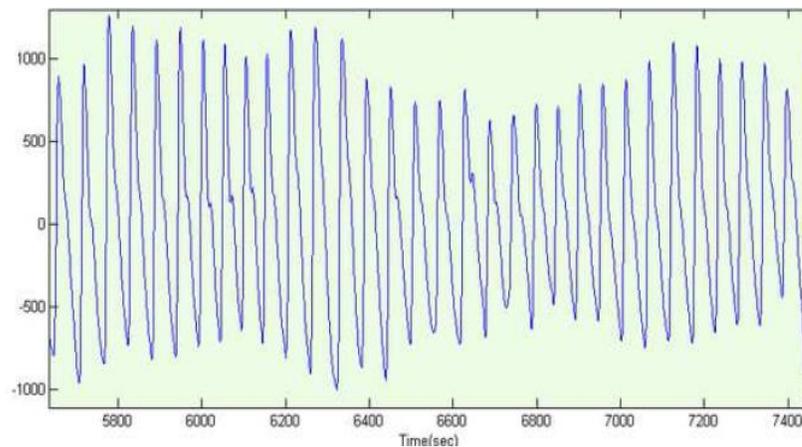
- **Pleurer et/ou être déprimé** : Parce que les personnes qui éprouvent souvent des symptômes de stress ne savent souvent pas comment faire face ou se sentent insatisfaites, elles pleurent souvent. Les gens peuvent devenir déprimés en raison d'une fatigue continue [22].

- **Problèmes de concentration** : Parce qu'on va toujours penser au stress, il est souvent difficile de penser à autre chose. En fait, vous êtes complètement absorbé par tout ce que vous avez encore à faire, ce qui vous empêche de travailler correctement. En raison de ces idées, nous ne pouvons souvent pas penser clairement à ce que vous faites [22].

- **Irritabilité** : Si nous sommes surchargés de travail, il est souvent difficile de maintenir une réponse calme et aimable. Lorsque les symptômes de stress et de stress font surface, on va même commencer à crier après les gens autour de nous parce que nous ne savons pas comment gérer cette situation [22].

## 2.12 Modalités de reconnaissance du stress

Traditionnellement, pour évaluer l'état de stress personnel, les personnes sont tenues de remplir un questionnaire standardisé (par exemple, le questionnaire sur le stress perçu [26]). En analysant le questionnaire, Le niveau de stress est évalué dans une certaine plage, de sorte que le niveau de stress de l'individu peut être quantifié.



**Figure 2.12 :** Un exemple du PPG.

Heureusement, les chercheurs ont découvert que le corps humain exprime les états émotionnels de la manière suivante: à canaux multiples [27], par conséquent, les expressions corporelles ont été étudiées pour trouver la source de compréhension des états émotionnels. Les expressions corporelles telles que les expressions faciales, les sons et les réactions physiologiques sont largement utilisés pour étudier les états émotionnels (comme le stress). Dans les paragraphes suivants, nous présenterons ces expressions corporelles et présenterons leurs caractéristiques [28].

## 2.13 Reconnaissance du stress

Plusieurs travaux ont été réalisés dans le cadre de la reconnaissance des émotions. Ceux-ci les domaines de travail ciblés sont : le traitement des certains états du conducteur durant la conduite. De même, pour les inducteurs, les composants utilisés et les méthodes de traitement finaux utilisées, différentes méthodes sont également utilisées pour réaliser cette identification :

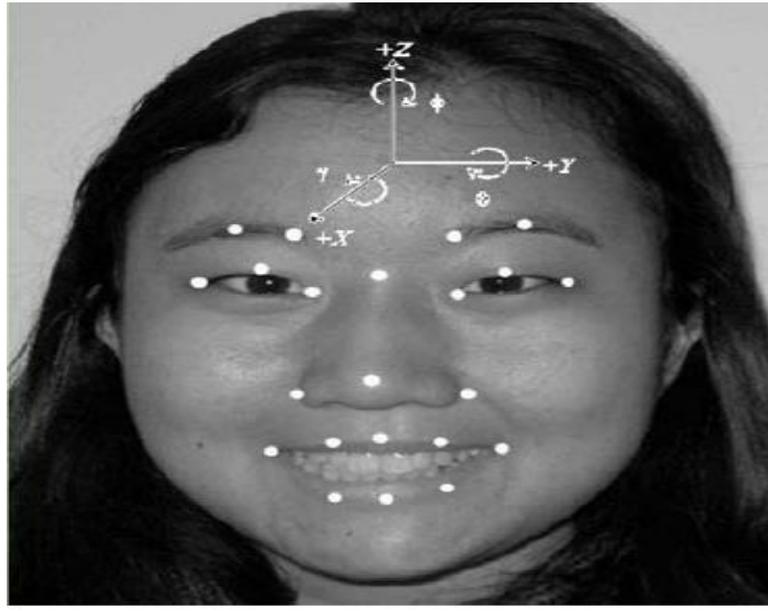
### 2.13.1 Caractéristiques du visage

Par exemple, lorsqu'une personne est très déçue, elle peut révéler cet état émotionnel à travers les traits du visage. Nous avons donc une excellente occasion d'observer la fréquence des mouvements des muscles faciaux de la personne diminue. Au même temps, la fréquence des mouvements de la tête et des yeux est différente de la normale cela peut également être observé. Habituellement, une fois ces

traits du visage observés, les gens autour de vous réagiront en conséquence, comme demander ce qui s'est passé et encouragé la personne. Dans la littérature, des recherches approfondies ont été menées sur les traits du visage tel que l'expression du visage, le regard, le clignement des yeux et la dilatation de la pupille. Lorsqu'une personne est stressée, les chercheurs ont hâte de comprendre les caractéristiques de ces traits du visage.

### 2.13.2 Expressions faciales

Pour analyser les expressions faciales, les chercheurs se concentrent généralement sur certaines parties du visage, des yeux et de la bouche. En analysant les coordonnées de ces points, les chercheurs peuvent obtenir des informations faciales, telle que le degré d'ouverture de la bouche (la figure2.13) [29]. Parfois, les mouvements de la tête tels que le lacet et le roulis sont également pris en compte [30].



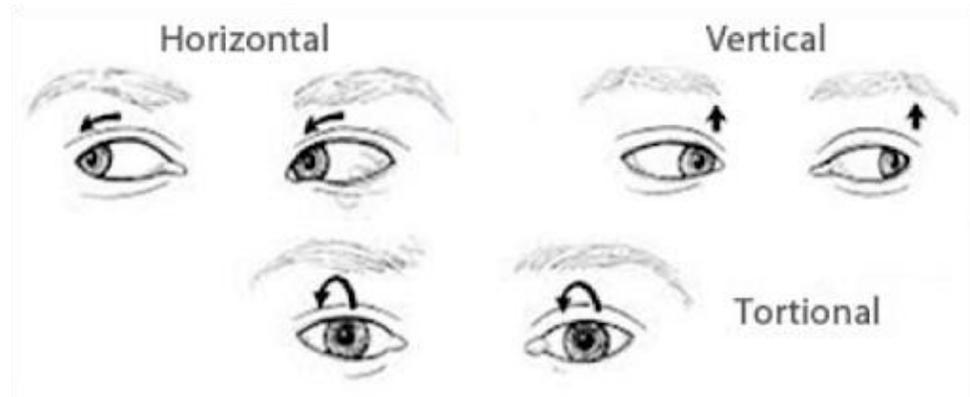
**Figure 2.13** : Un exemple de points de suivi de la vision sur le visage du sujet [1].

Les chercheurs ont découvert que l'augmentation des mouvements de la tête et de la bouche était associée à un niveau de stress plus élevé, le niveau de stress reconnu par le système était corrélé avec la théorie et la cohérence entre eux ont été confirmées [1].

### 2.13.3 Mouvements oculaires

Dans [31], le regard oculaire a été utilisé pour déduire les niveaux de stress du sujet. Dans cette étude, les participants ont été invités à utiliser leurs yeux pour se concentrer sur un objet particulier sur un écran d'ordinateur pendant une longue période. Pendant cette période, la distribution spatiale et le pourcentage de mouvements oculaires a été surveillé.

Les chercheurs ont observé que lorsque les sujets sous un stress plus élevé, leurs yeux se fermèrent plus vite. Dans [49], le clignement des yeux était suivi lorsque le sujet effectuait une véritable expérience de conduite. Même si au début les études ont été divergentes le consensus des chercheurs est que lorsque le niveau de stress du sujet était faible, la fréquence de clignement était plus faible, indiquant qu'un état de stress plus élevé était associé à une fréquence de clignement plus élevée [49].



**Figure 2.14** : Les mouvements des yeux dans le stress.

#### 2.13.4 Dilatation de la pupille

Dans [32], les modifications de la taille de la pupille pendant et après la stimulation émotionnelle auditive ont été étudiées. Les résultats de l'expérience montrent que lorsque les participants à l'expérience éprouvent à la fois des émotions négatives et des stimuli positifs, la taille de leur pupille augmente considérablement.



**Figure 2.15** : Exemple d'une dilatation de la pupille.

Dans [33], les chercheurs ont testé l'hypothèse suivante: la majeure partie de la dilatation de la pupille pendant la performance est due au stress lié à la tâche. À cette fin et au cours de l'expérience, la réaction des étudiants a été mesurée. En analysant le modèle de la pupille, les chercheurs ont découvert que si le sujet est sous pression, le diamètre de la pupille augmentera et la fréquence de dilatation de la pupille sera plus élevée.

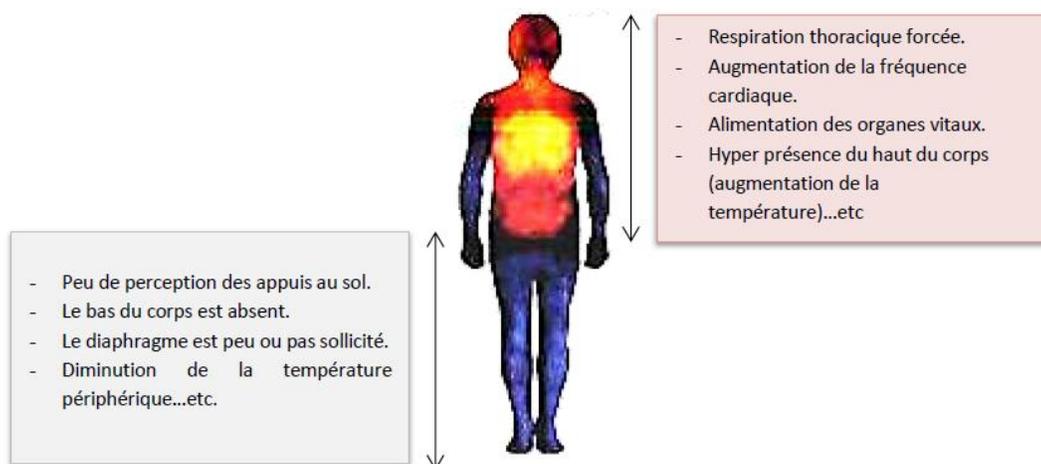
### 2.13.5 Expression vocale

L'analyse du stress vocal est née du concept selon lequel lorsqu'une personne est stressée, sur tout si une personne est exposée à un environnement dangereux, sa fréquence cardiaque augmente à mesure que la fréquence cardiaque s'accélère pour envoyer plus de sang aux muscles. Le sang est détourné vers les muscles et préparez-les au combat ou à la fuite. Cela augmente les vibrations du muscle, qui est appelés tremblements micro-musculaires (MMT). Les muscles qui composent le tractus vocal peuvent transmettre les vibrations à travers la parole [34].

Quant à la reconnaissance de l'état de stress des sujets, les chercheurs se sont également concentrés sur le contenu non verbal du son [35]. Extraire les caractéristiques des informations telles que la fréquence de base, le changement de fréquence de base, la gigue (interférence dans la voix et les vibrations des cordes) et le rapport d'énergie haute fréquence de la parole pour la reconnaissance de la pression. Les chercheurs ont utilisé ce discours pour reconnaître la pression du sujet.

### 2.13.6 Changements physiologiques

Sous pression, le cerveau se concentre sur les menaces perçues et nous stimule. L'acte d'exhorter le corps à agir en conséquence variété le corps est contrôlé par le système nerveux autonome (SNA), qui contrôle source de pression et contrôle un large éventail de fonctions du système le niveau du stress peut affecter une variété de réactions physiques, qui peuvent être surveillées et mesurées [36].

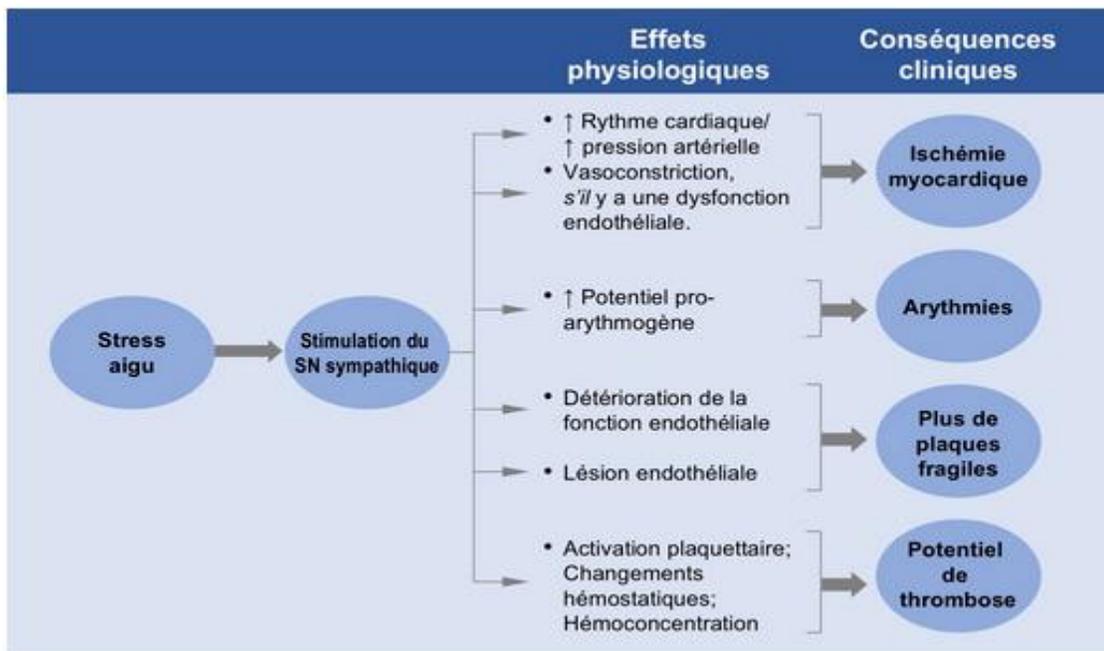


**Figure 2.16 :** Quelques changements physiologiques lors du stress.

### 2.13.7 Le rythme cardiaque

Il existe deux types de stress qui peuvent avoir des effets graves sur la santé: le stress aigu (émotions fortes et soudaines) et le stress chronique (exposition prolongée) (figure2.17). Le premier type de stress affecte directement la fonction du cœur en provoquant une augmentation de la demande de sang, tout en réduisant les apports et le risque de thrombose. Cela peut provoquer un infarctus du myocarde, qui peut conduire à un arrêt cardiaque [22].

Le deuxième type de stress affecte non seulement la santé mentale (difficulté à contrôler les émotions, anxiété, agressivité, etc.), mais affecte également négativement les facteurs de risque cardiovasculaire. Ces changements peuvent augmenter la fréquence cardiaque, provoquer une arythmie sévère ou provoquer une contraction des artères coronaires [22].



**Figure 2.17** : Les conséquences du stress aigu.

## Conclusion

Sur la base du contenu des paragraphes précédents, nous pouvons voir que les mesures de la contrainte à partir des traits du visage sont obtenus en analysant les caractéristiques telles que les expressions faciales, les yeux mouvement et dilatation de la pupille à partir des images du visage ou des vidéos enregistrées par les capteurs comme caméras. Dans la société moderne, le stress d'un individu s'est avéré être un problème courant. Continu le stress peut entraîner divers problèmes mentaux et physiques cela peut modifier leurs actions. Le stress a ses avantages : il nous permet de réagir rapidement pour alerter la situation. Sans pression, nous ne pourrions pas nous adapter aux changements de l'environnement. Pas de stress, mais l'abus de stress est dangereux, pas de charge, ce qui nous met en danger. L'analyse de la source de pression a été clairement énoncée [1]. L'oscillation naturelle de la fréquence cardiaque instantanée dans le temps produit un rythme généralement appelé variabilité de la fréquence cardiaque. Fournit des informations détaillées sur les méthodes et techniques de mesure de la fréquence cardiaque à l'aide de caméras et de webcams [14].

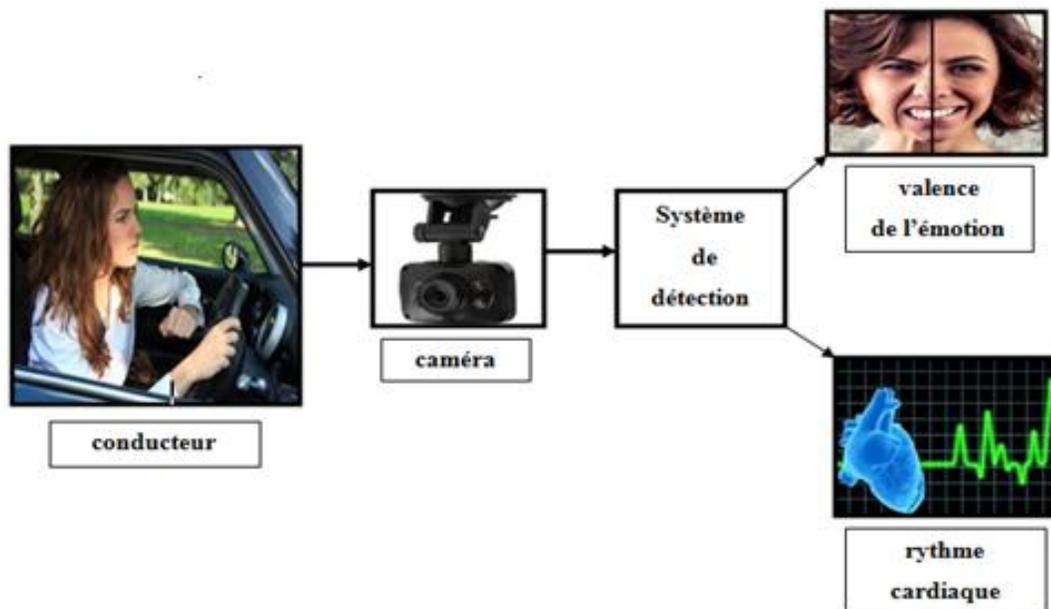
## 3. Méthodologie

### 3.1 Introduction

La condition du conducteur pendant la conduite est très importante pour éviter les catastrophes, en effet, le facteur humain est parmi les principales causes d'accidents routiers. Dans ce chapitre, nous appliquerons les principes que nous avons évoqués dans les chapitres précédents en synthétisant un système d'aide à la conduite ayant la capacité de détecter l'état du conducteur en cas de stress. Pour ce fait, nous avons choisis d'assimiler le stress à deux aspects :

- Une valence
- Négative de l'émotion.
- Un rythme cardiaque élevé.

On va donc synthétiser un système bimodal capable d'extraire la valence ainsi que le rythme cardiaque comme illustré dans la figure ci-dessous :



**Figure 3.1** : Système de détection mis en point.

Ce chapitre sera divisé en deux grandes sections :

- La première sera consacrée à l'extraction de la valence de l'émotion.
- La deuxième sera dédiée à l'extraction du rythme cardiaque.

## 3.2 Logiciels et matériels utilisés

### Caractéristiques du PC

- **Marque du pc** Acer A715.
- **Processeur** Intel (R) Core (TM) i5-8300H CPU.
- **GPU** GTX 1050 4 GB.
- **RAM** 20GB DD.

### Logiciels utilisés

- **Anaconda** pour les environnements.
- **Spider** pour la programmation.

## 3.3 Bibliothèques utilisées

Pour tous nos programmes nous utiliserons principalement les deux bibliothèques suivantes :

- **Opencv (Open Source Computer Vision)** : C'est une bibliothèque graphique libre distribuée sous une licence BSD spécialisée dans le traitement d'images. Elle propose un ensemble de plus de 2500 algorithmes de vision par ordinateur et peut être utilisée pour la programmation en C, C++, Python et ceux pour les plateformes Windows, GNU/Linux, Android et MacOS [W8].
- **Keras** : C'est une bibliothèque haute niveau destinée à l'apprentissage profond, elle a été développée dans le but de faciliter l'apprentissage profond.

## 3.4 Extraction de la valence

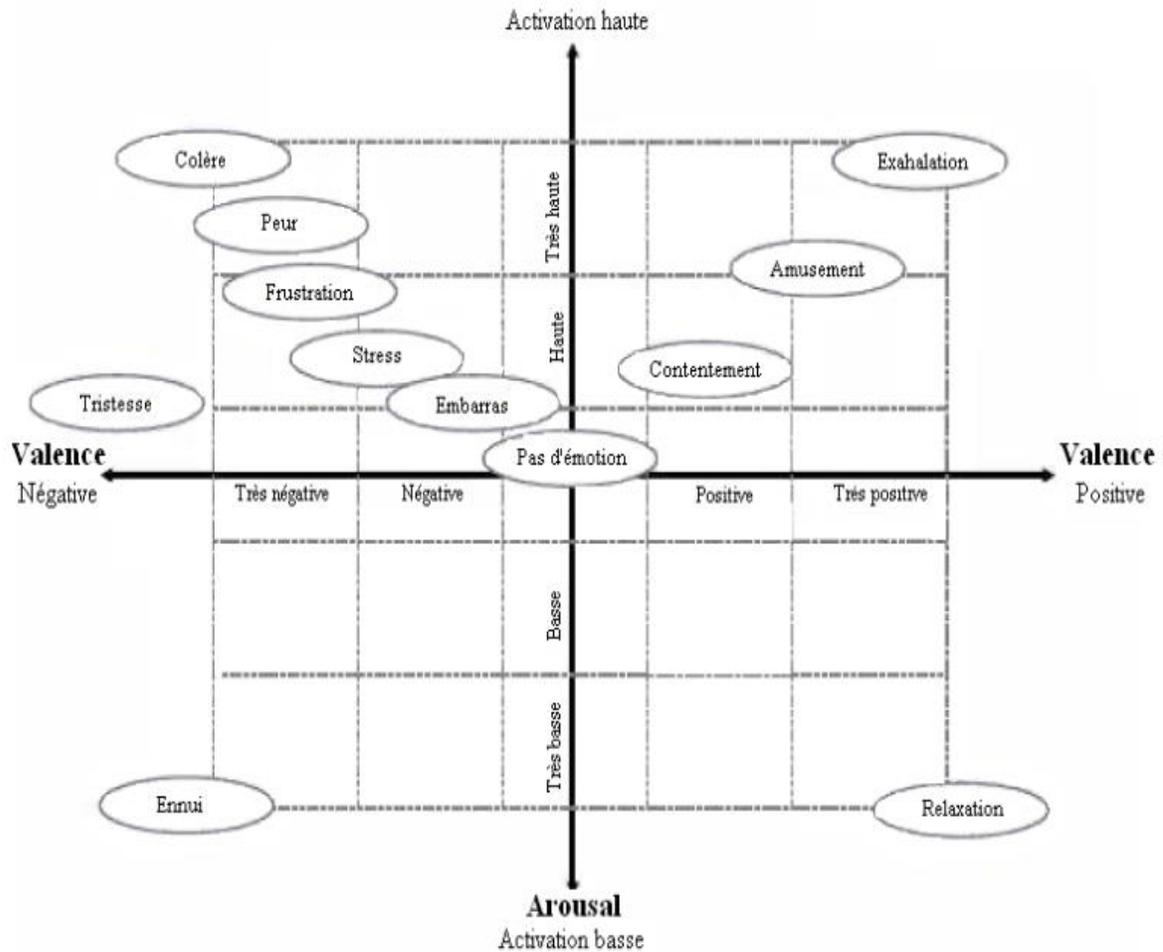
### 3.4.1 Définition de la valence de l'émotion

Les émotions sont des états éphémères et servent de communicant entre notre monde extérieur (environnement) et notre monde intérieur (valeurs, besoins, paix intérieure) et cela n'est valable qu'à l'instant présent [37].

La représentation dimensionnelle consiste à représenter l'émotion sur des axes continus et la représentation la plus utilisée est celle alliant la valence à la dominance [38] :

- **La valence :** Elle représente la qualité du vécu émotionnel en termes de positivité ou de négativité et varie selon un axe continu allant du plaisant au déplaisant [38].
- **Le degré d'activation (arousal) :** Elle représente une quantification de la valence. Elle varie selon un axe continu allant d'une faible intensité à une forte intensité. Elle représente en outre le degré d'activation de la branche sympathique du système nerveux autonome (contrôlant par exemple le rythme cardiaque) [38].

Donc pour résumer, la valence correspond à la sensation agréable ou désagréable qu'une émotion procure. La figure 3.2 illustre la disposition de certaines émotions comme la peur la colère ou encore le stress sur l'axe de la valence et l'axe de la dominance.



**Figure 3.2 :** Représentation de quelques émotions sur l'axe de la valence et de la dominance [37].

### 3.4.2 Modélisation de la valence exprimée par le visage

La valence de l'émotion peut être représentée et modélisée par les changements des traits et expressions faciales exprimées par le visage. Une de ces représentations les plus connues est la représentation FAC (Facial Action Coding). Elle consiste à représenter les émotions comme une combinaison d'unités d'actions AU. Chaque AU correspond à l'activation d'un muscle induisant les changements d'expressions faciales (voir figures 3.3, 3.4 et 3.5).

- L'expression faciale **neutre**

Dans l'expression faciale neutre, tous les muscles du visage sont détendus, comme illustré par la photographie ci-dessous.



**Figure 3.3** : Expressions faciales relatives au neutre [39].

**La joie :**

Les yeux sont légèrement plissés, c'est-à-dire que la paupière inférieure couvre en partie l'œil.

La partie basse de la joue (ce que l'on appelle la ride nosolabiale) est levée latéralement.

Le zygomatic travaille également lors de cette expression : le coin des lèvres est de ce fait

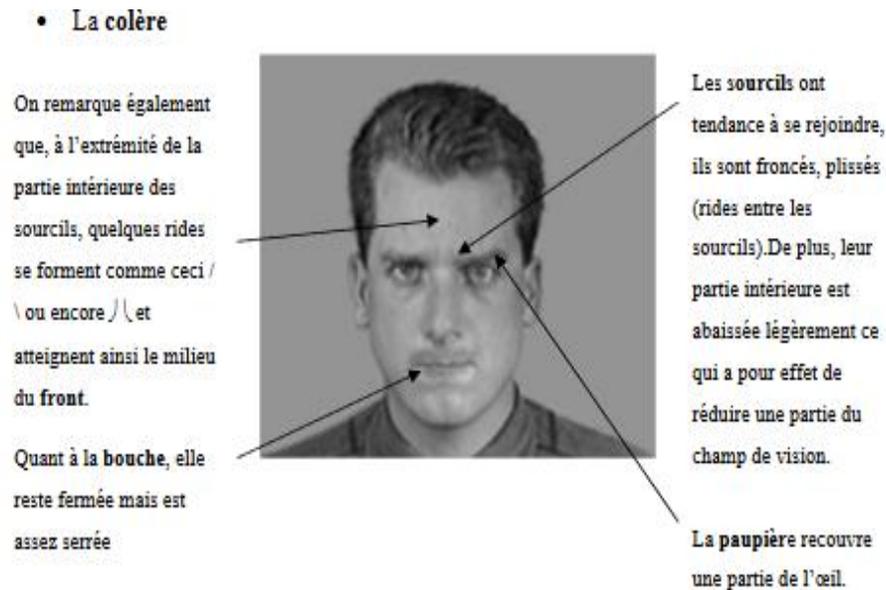


Mouvement du triangle infra-orbital : les joues sont remontées, formant des plis en dessous de l'œil.

La personne peut montrer les dents si elle le désire.

Le menton est étiré et ce, de manière

**Figure 3.4** : Exemple d'expression faciales relative à une émotion à valence positive [39].



**Figure 3.5** : Exemple d'expressions faciales d'une émotion à valence négative [39].

### 3.4.3 Relation entre le stress et les émotions à valence négative

La psychologie humaine est très complexe, tous les phénomènes se télescopent (émotions, motivations, humeur, sentiments, pulsions et désirs), il en est donc très délicat d'en extraire certains, ou encore de les définir.

Ainsi, la définition du stress reste compliquée mais reste néanmoins : tandis que certains les définissent comme étant une émotion à valence négative d'autres donnent une définition nuancée de celle de l'émotion. En effet, le stress est une réponse à une situation ou à un environnement perçu comme agressif et cela peut perdurer dans le temps. Tandis que les émotions sont davantage dans l'instant. Cela dit une relation de cause à effet relie les deux notions :

- Un mauvais stress correspond à l'utilisation principale de l'énergie pour les émotions et à une dépense énergétique faible pour l'action.
- Par conséquent, le bon stress, inversement, correspond à une dépense énergétique adaptée à l'action et minimale pour l'émotion [40].

Le stress et les émotions négatives étaient déjà connus pour augmenter le risque des accidents routiers [41].

Dans la situation de conduite, nous avons choisies de mettre l'accent sur la peur, la surprise ainsi que sur la colère et ce pour deux raisons : La première est que ces trois émotions restent omniprésentes lors des situations stressantes et inattendues de la conduite, la deuxième est qu'elles sont plus faciles à déceler. En effet, les trois émotions citées ont un degré d'activation très ce qui signifie une activation plus intense du SNA et donc un rythme cardiaque plus élevé.

- **La peur** : Elle est induite par des situations dangereuses ou stressantes. On peut ressentir la peur des événements futurs, par ex : peur de la misère. Pour éprouver la peur, le corps de la personne se prépare à une évasion ou à une défense contre toute attaque [41]. En situation de conduite, elle peut apparaître par une peur de commettre une erreur de conduite ou par la peur engendrée par le dépassement brusque d'un conducteur par exemple.
- **La surprise** : C'est une émotion soudaine. Cela vient sans réfléchir et ne dure que peu de temps. Le début est une situation inattendue ou faussement attendue. Par conséquent, une émotion surprenante peut être positive ou négative. Dans ce cas, le stress aiguise encore plus la sensation d'abattement, de telle manière qu'il est possible d'atteindre un état plus grave [38]. Comme la peur, elle reste présente dans les situations dangereuses de la conduite.
- **La colère** : C'est une réaction émotionnelles forte et peut également être une émotion dangereuse car elle pourrait provoquer la violence. Lorsqu'il se passe quelque chose de stressant dans une situation et nous somme sous l'influence de la colère, le stress peut constituer un outil puissant pour booster la motivation et rendre la colère incontrôlable [41].

#### 3.4.4 Choix de la base de données

La base de données Radboud Faces Database (RaFD) est un ensemble d'images de 67 modèles (y compris des hommes et des femmes caucasiens, des enfants caucasiens, garçons et filles, et des hommes hollandais et marocains) affichant 8 expressions émotionnelles. Le RaFD dans une initiative de l'institut des sciences du comportement de l'Université Radboud de Nimègue, qui est situé à Nimègue (Pays-Bas), et peut être utilisée librement pour la recherche scientifique non commerciale par des chercheurs qui travaillent pour une université officiellement accréditée [42].

Le RaFD est une base de données de visages de haute qualité, qui contient des images de huit expressions émotionnelles (1608 images). Conformément au système de codage de l'action faciale, chaque modèle a été formé pour montrer les expressions suivantes : colère, dégoût, peur, bonheur, tristesse, surprise, mépris et neutre. Chaque émotion a été montrée avec trois directions de regard différentes et toutes les photos ont été prises sous cinq angles de caméra simultanément [42].

Notre choix s'est penché sur cette base de données de part notre expérience. En effet, pour le travail de master durant lequel on en a testé trois, à savoir : La RaFD, la JAFFE et la fer2013, la RaFD est de loin celle qui a donné les meilleurs résultats.

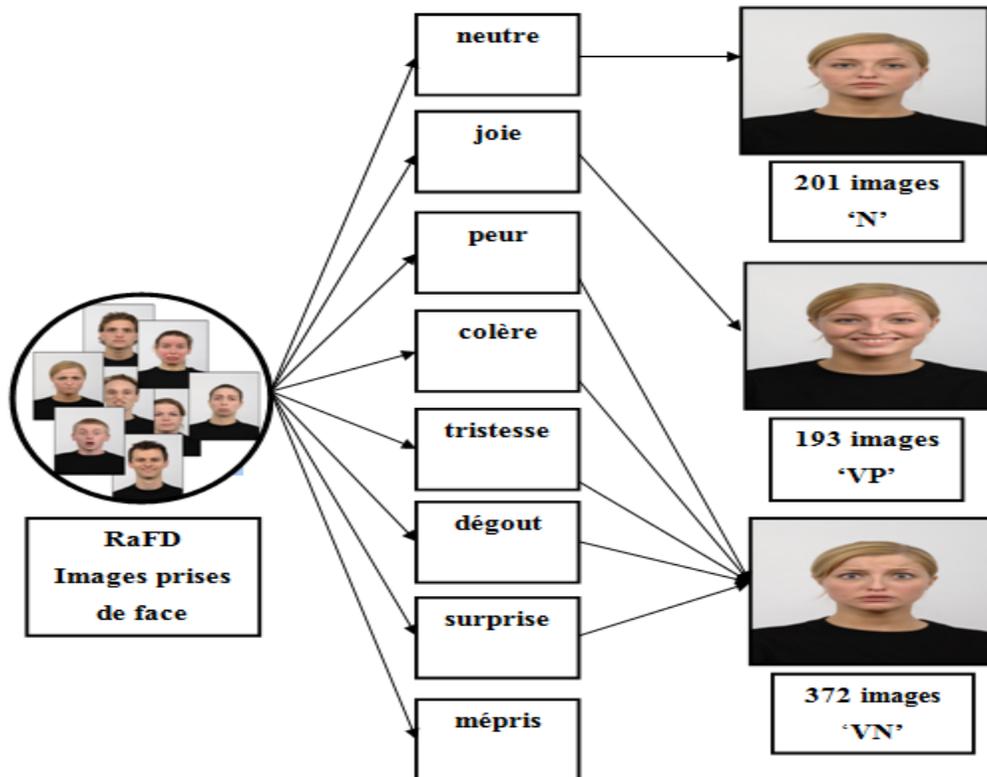


**Figure 3.6 :** Echantillons de la base de données RaFD.

### 3.4.5 Prétraitement de la base de données

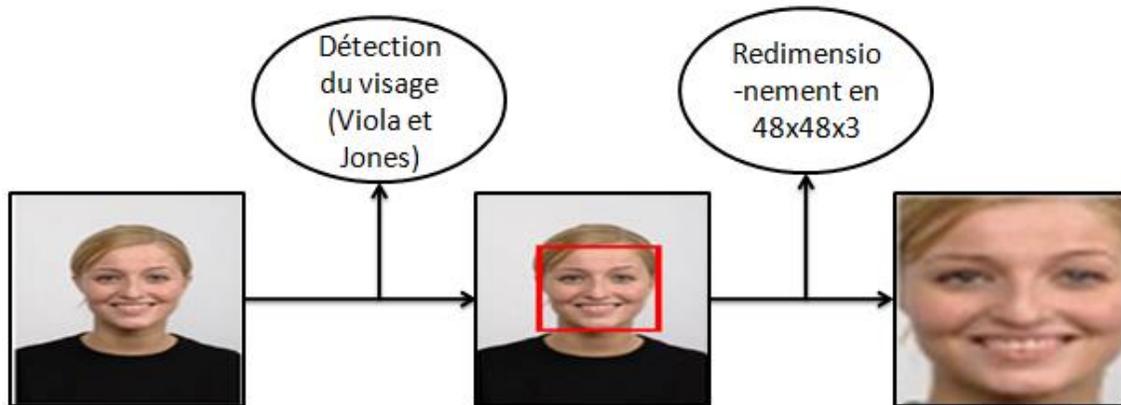
Avant de procéder au redimensionnement des images, on va changer la configuration de la base de données (voir figure3.7). Notre but est de détecter la valence de l'émotion, On va donc définir trois ensembles d'images représentant :

- Le neutre auquel on donnera le label 'N'.
- La valence positive à laquelle on donnera le label 'VP'.
- La valence négative à laquelle on donnera le label 'VN'.



**Figure 3.7 :** Reconfiguration de la base des données.

Après reconfiguration de la base de données (on a omis l'expression du 'mépris', étant donné qu'elles ne figurent pas parmi les émotions universelles décrites selon Ekman, et choisis les images prises de face), un redimensionnement est effectué comme illustré dans la figure ci-dessous :

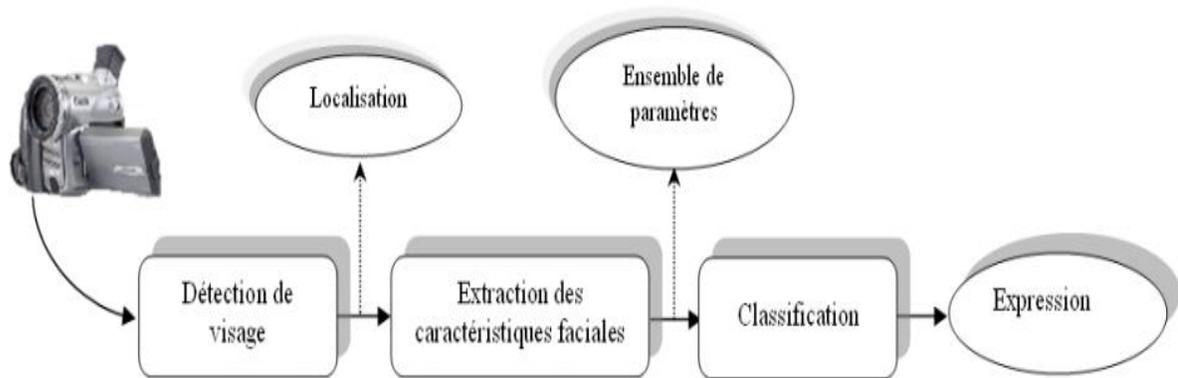


**Figure 3.8 :** Redimensionnement de la base de données.

### 3.4.6 Implémentation de l'architecture destinée à la classification de la valence de l'émotion

La détection de la valence est un problème de classification multi-classes. Ce type de détection passe par trois étapes essentielles (voir figure 3.9) et qui sont :

- **La détection du visage :** Une fois le processus d'acquisition d'images effectué, les zones d'intérêts doivent être localisés, dans notre cas les visages.
- **L'extraction des caractéristiques :** Cette étape consiste à extraire un ensemble de paramètres spécifiques aux images en entrées.
- **La classification :** Cette étape consiste à répartir systématiquement les images selon des classes établies au préalable marquant par ce fait sa parenté avec d'autres images.

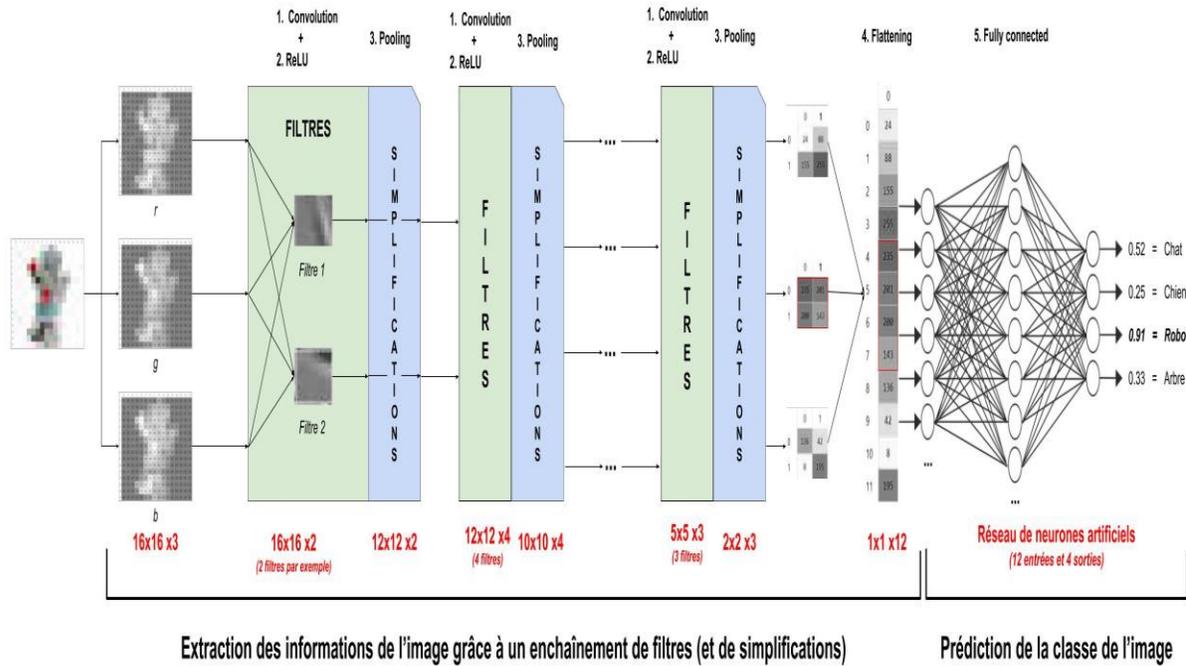


**Figure 3.9 :** Le système de détection.

Le choix d'utiliser des architectures basées sur l'apprentissage profond, plus précisément des réseaux de neurones convolutifs n'est pas anodin. En effet, les réseaux de neurones à convolution simplifie l'opération de classification étant données que l'extraction des caractéristiques est faite automatiquement, en outre, la tâche d'identification des caractéristiques utilisées est aussi faite de manière automatique. En effet le réseau extrait des caractéristiques directement depuis des images. Cette extraction automatisée des caractéristiques permet aux modèles de Deep Learning d'atteindre un taux de précision particulièrement élevé pour les tâches de vision par ordinateur telles que la classification d'objets.

### 3.5 Définition des CNN

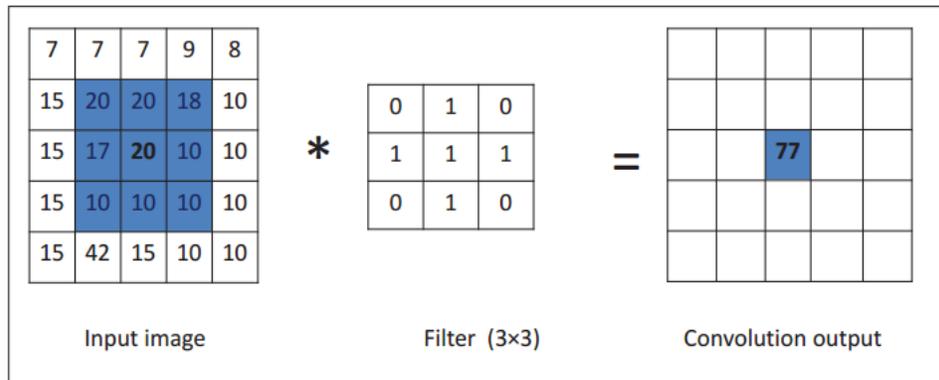
Ce sont des réseaux de neurones constitué de deux blocs principaux : Le premier à pour rôle de recevoir les images en entrées puis d'extraire leurs caractéristiques. Le second bloc est sous forme de MLP (Perceptron multi couches) et est présent dans tous les réseaux destinés à la classification, il est composé de plusieurs couches de neurones entièrement connectées ainsi qu'une couche de sortie comprenant autant de couches de sortie qu'il existe de classe [43].



**Figure 3.10 :** Schéma représente les CNN.

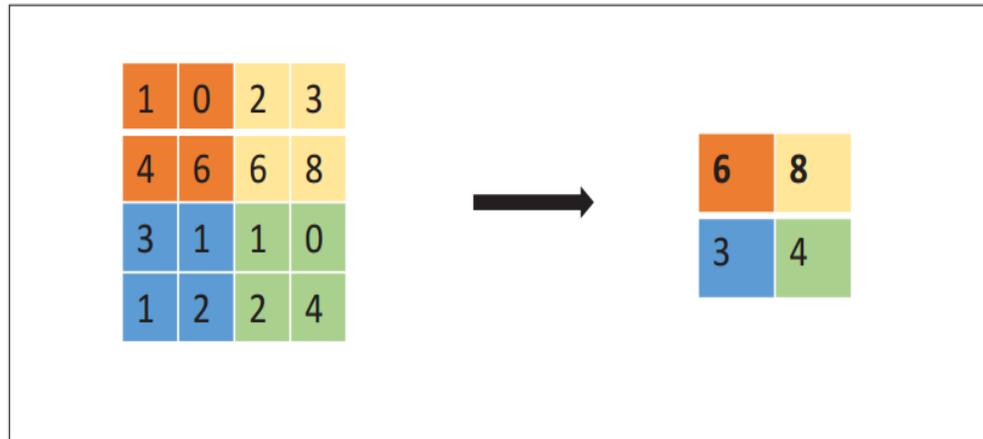
Ils sont principalement composés de :

- Couches de convolution :** Leur travail consiste à extraire les informations pertinentes de l'image (caractéristiques) grâce à une opération de convolution. Cette opération fait glisser un ensemble de filtres sur une image. Le poids de ces filtres est mis à jour lors de l'apprentissage et c'est grâce à eux que le réseau réussi à reconnaître les images par la suite.



**Figure 3.11 :** Illustration d'une opération de convolution.

- **Couches de pooling** : Cette couche réduit la dimension des images après convolutions. Plusieurs types de convolution existent, cela dit le max pooling reste le plus utilisé et c'est ce que nous allons implémenter dans notre architecture.



**Figure 3.12** : Déroulement du ‘max pooling’.

- **Couches entièrement connectées** : Elles sont situées à la fin du réseau et sont destinées à la classification. La dernière couche les constituant correspond à la couche de sortie. Afin de convertir les résultats donnés par la couche de sortie en probabilité, nous allons utiliser la fonction d’activation ‘softmax’ décrite selon l’équation :

$$F(\Theta)_i = \frac{e^{s_{\theta,i}}}{\sum_{j=1}^N e^{s_{\theta,j}}} \quad (3.1)$$

- **Des fonctions de perte, d’activation et des optimiseurs** : Pour pouvoir donner des résultats de classification en adéquation avec la réalité, il faut que le réseau soit correctement entraîné. Pour ce fait, l’erreur est constamment estimée grâce à une fonction de perte et les paramètres (les poids), sont fréquemment mis à jour grâce à des optimiseurs. En outre, le choix de la fonction d’activation à placer juste après les opérations de convolution est très important, en effet, chaque choix de fonctions ou d’optimiseur influencera fatalement le résultat de classification.

Pour notre architecture nous allons utiliser la fonction d’activation ‘ReLU’, la fonction de perte ‘Categorical Cross Entropy(CCE)’ et l’optimiseur Adam.

$$\text{CCE}(\Theta) = - \sum_{n=1}^N g_n \log (F(\Theta)_n) \quad (3.2)$$

$$\text{ReLU}(x) = \max(0, x) \quad (3.3)$$

Quant à l'optimiseur Adam, son algorithme est comme suit :

Soit :  $\beta_1, \beta_2$  des constantes  $< 1$ ,  $f(\Theta)$  la fonction objective (la fonction de perte)

$g(\theta_t) \leftarrow -\nabla_{\theta} f_t(\theta_{t-1})$  Calcul du gradient de la fonction de perte.

$m_t \leftarrow \beta_1 \cdot m_{t-1} + (1 - \beta_1) \cdot g(\theta_t)$

$u_t \leftarrow \beta_2 \cdot u_{t-1} + (1 - \beta_2) \cdot g(\theta_t)^2$

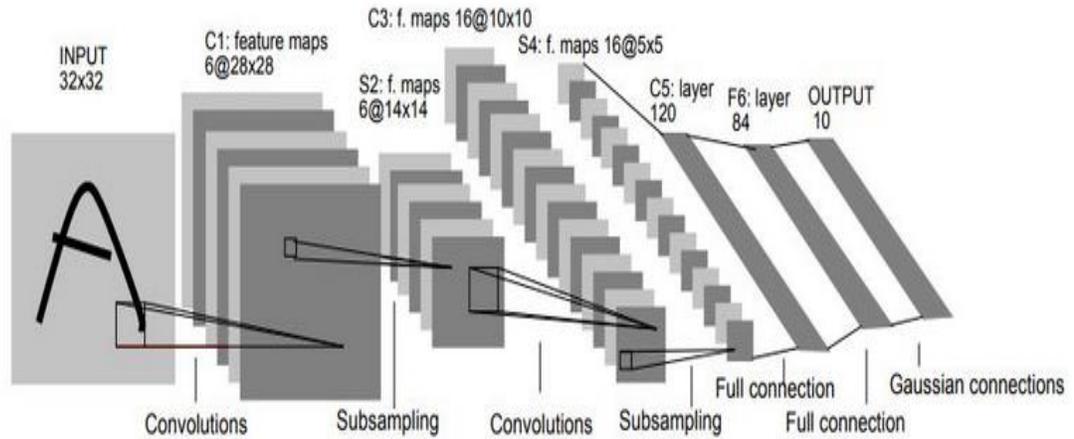
$\hat{m}_t \leftarrow m_t / (1 - \beta_1^t)$

$\hat{u}_t \leftarrow u_t / (1 - \beta_2^t)$

$\theta_t \leftarrow \theta_{t-1} - \alpha \cdot \hat{m}_t / ((\hat{u}_t)^{1/2} + \epsilon)$  Mise à jour des paramètres.

### 3.6 Implémentation

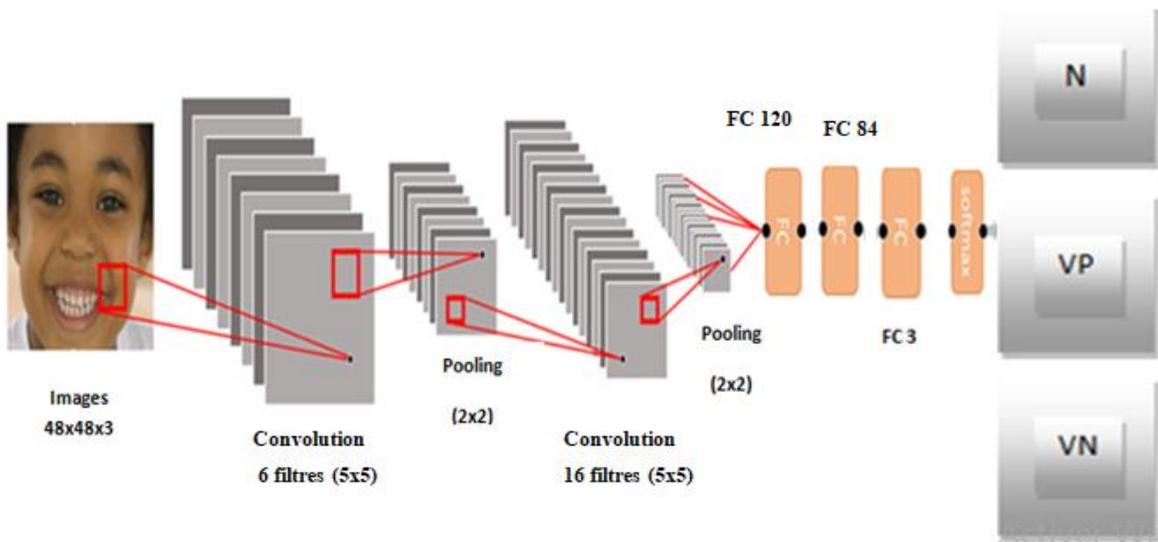
Etant donné qu'on n'a pas un très grand nombre de données on a choisis de s'inspirer de l'architecture LeNet décrite par Y.Lecun (voir figure 3.13). Pour améliorer les résultats de détection, on a utilisé des filtres de convolution de plus petite taille, pour la fonction d'activation on a utilisé la 'ReLU' entre les couches de convolutions et la 'softmax' pour la couche de sortie.



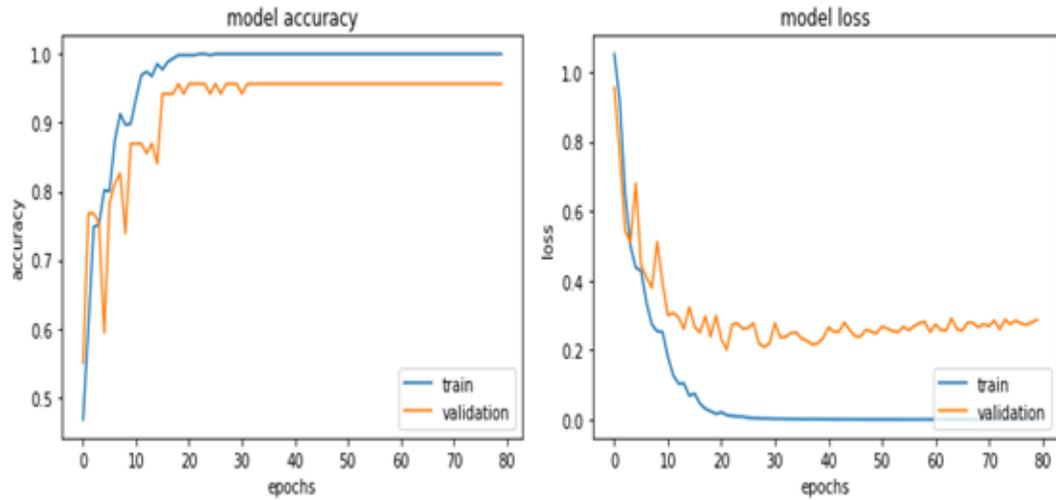
**Figure 3.13 :** Architecture LeNet.

### 3.6.1 Résultats

Les figures suivantes représentent les architectures implémentées pour la classification ainsi que leurs résultats. Pour la première architecture 'LeNet\_v1' nous avons utilisé une architecture très proche de l'architecture LeNet illustrés dans la figure (3.13), sauf que nous avons utilisé la softmax pour le calcul des probabilités des couches de sortie et la fonction ReLU entre les couches de convolution. Pour LeNet\_v2, nous avons utilisé un plus grand nombre de filtres de convolutions de plus petites tailles et nous avons utilisé que deux couches entièrement connectées au lieu de trois.



**Figure 3.14 :** Architecture LeNet\_v1



**Figure 3.15 :** Evolution des taux de validation et d'entraînement de LeNet\_v1.

Caractéristiques du modèle	Description/résultats
Type d'architecture	LeNet Modifié
Batch size	40
Nombre d'époques	80
Images pour le test	10 % de la base de données
Précision de l'entraînement (accuracy)	100%
Erreur de l'entraînement (loss)	$1,6 \times 10^{-4}$
Précision de validation (val_accuracy)	95,65%
Erreur de validation (val_Loss )	28,68%
Précision pour le test (test_accuracy)	90,90%
Erreur du test (test_loss)	26,59%

**Tableau 1:** Résultats et caractéristiques de l'architecture LeNet\_v1.

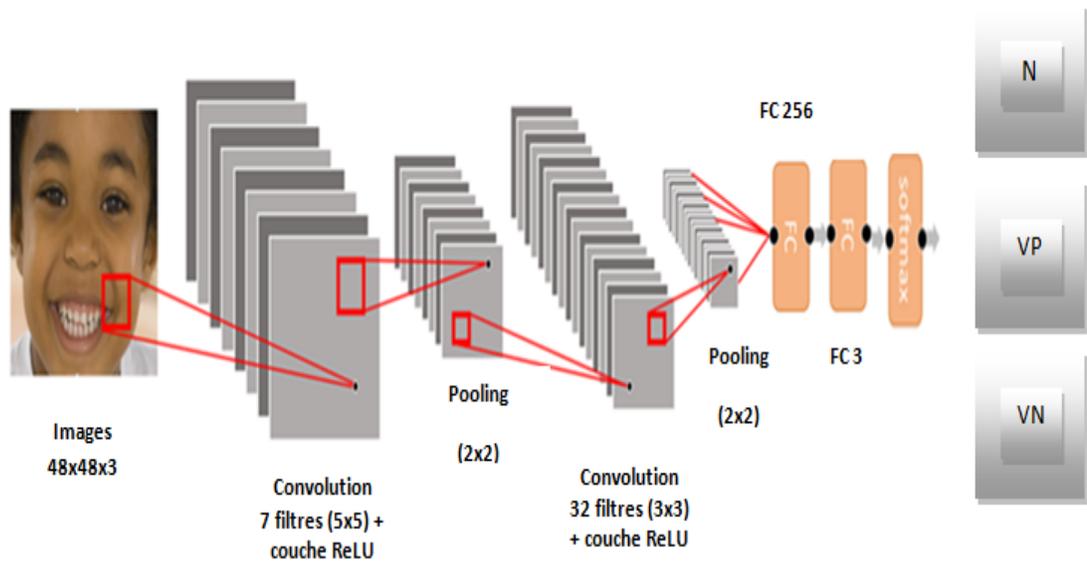


Figure 3.16 : Architecture LeNet\_v2.

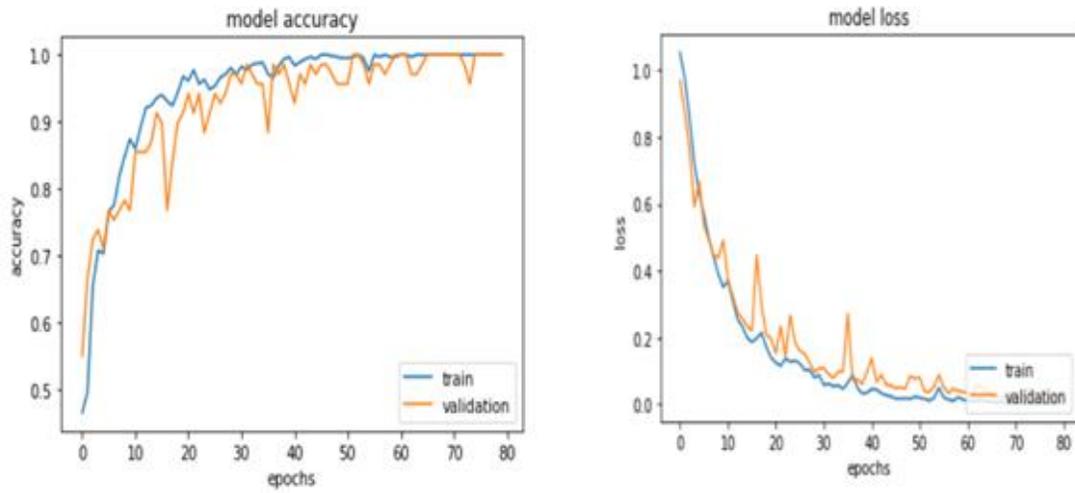


Figure 3.17 : Evolution des taux de validation et d'entrainement de LeNet\_v2.

<b>Caractéristiques du modèle</b>	<b>Description/résultats</b>
Type d'architecture	LeNet Modifié
Batch size	40
Nombre d'époques	80
Images pour le test	10 % de la base de données
Précision de l'entraînement (accuracy)	100%
Erreur de l'entraînement (loss)	0,28%
Précision de validation (val_accuracy)	100%
Erreur de validation (val_Loss )	2,16%
Précision pour le test (test_accuracy)	94,80%
Erreur du test (test_loss)	16,06%

**Tableau 2:** Résultats et caractéristiques de l'architecture LeNet\_v2.

### 3.6.2 Analyse des résultats

Plusieurs hyper paramètres peuvent influencer sur les performances d'un réseau de neurones convolutif parmi eux :

- Le nombre d'époques qui correspond au nombre de fois que la base de donnée est traitée.
- Le batch size qui représente la fréquence à laquelle la mise à jour des paramètres est effectuée pour une seule époque.
- Le nombre de couches de convolution, la taille des filtres convolutifs ainsi que leurs tailles.

Dans notre cas, pour améliorer l'architecture LeNet\_v1 nous avons recouru à l'utilisation d'un plus grand nombre de filtres de plus petites tailles dans la deuxième couche de convolution. Ainsi les performances de LeNet\_v2 sont nettement meilleures.

Une autre chose que nous remarquons est que l'on ne peut pas se fier qu'aux résultats de l'apprentissage. Pour évaluer les performances d'une architecture déjà apprécier les résultats de validation puis en être sûr avec ceux des tests.

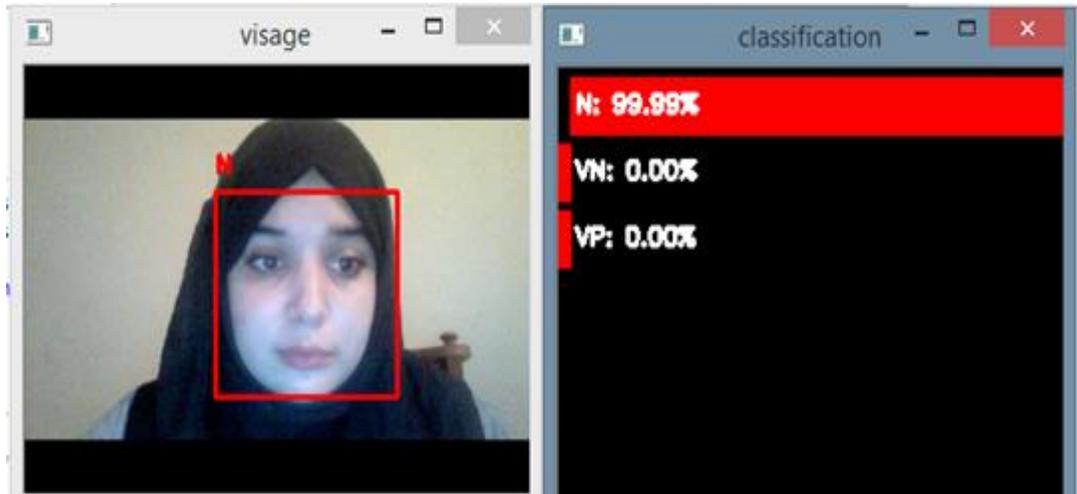
### 3.6.3 Programmation de l'interface

Pour la programmation de l'interface on a principalement utilisé les fonctions prédéfinies de la bibliothèque OpenCV qui sont :

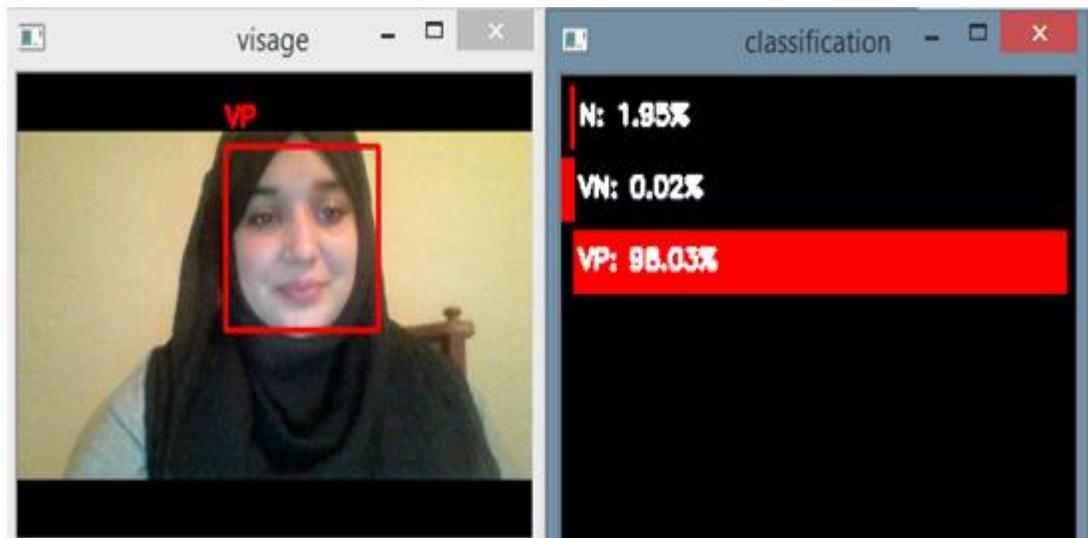
- **Cv2.CascadeClassifier (haarcascade\_frontalface\_default.xml)** pour la détection du visage avec l'algorithme de Viola et Jones.
- **Cv2.NamedWindow ('nom', CV\_WINDOW\_AUTOSIZE)** ouvre une fenêtre pouvant contenir et afficher une image. Elle prend deux arguments : Le premier argument correspond au nom à donner à la fenêtre, le second définit les propriétés de la fenêtre. Dans notre cas on a laissé la taille de la fenêtre par défaut. 'CV\_WINDOW\_AUTOSIZE'.
- **Cv2.VideoCapture(0)** pour faire l'acquisition de la vidéo.
- **Cv2.resize (ROI, (x,y))**, elle sert à redimensionner une image. Elle prend deux arguments, le premier est la région d'intérêt que l'on veut redimensionner, la deuxième correspond aux dimensions souhaitées.
- **Cv2.rectangle(image, start\_point, end\_point, color, thickness)**, elle prend quatre arguments : L'image sur laquelle le rectangle sera dessiné, le 'start\_point' qui correspond aux coordonnées de départ du rectangle, elles sont représentées de la sorte (Valeur de coordonnée X, valeur de coordonnée Y), le 'end\_point' qui correspond aux coordonnées de fin du rectangle et qui sont représentées sous forme de tuples comme suit: (valeur de coordonnée X, valeur de coordonnée Y), le 'color' qui correspond à la couleur de la ligne de bordure du rectangle à dessiner et enfin, le 'thickness', qui correspond à l'épaisseur de la ligne de bordure du rectangle. Une épaisseur de -1 remplira la forme du rectangle de la couleur spécifiée.
- **Cv2.putText()** qu'on a utilisé pour écrire des textes sur les images afin que l'interface soit plus compréhensible à l'utilisateur.
- **Cv2.waitKey (N)**, elle interrompt, momentanément ou indéfiniment, l'exécution du programme. L'argument N correspond au temps en millisecondes avant que le programme ne s'exécute de nouveau. S'il est nul ou négatif, le programme attend que l'utilisateur tape une touche du clavier pour s'exécuter de nouveau.
- **cv2.imshow window\_name, image)**, qu'on a utilisé pour afficher une image dans une fenêtre. La fenêtre s'adapte automatiquement à la taille de l'image

- `cv2.destroyAllWindows()` utilisée pour détruit simplement toutes les fenêtres que nous avons créées

### 3.7 Résultats



**Figure 3.18:** Résultat d'état neuter.



**Figure 3.19:** Résultat d'état positive.

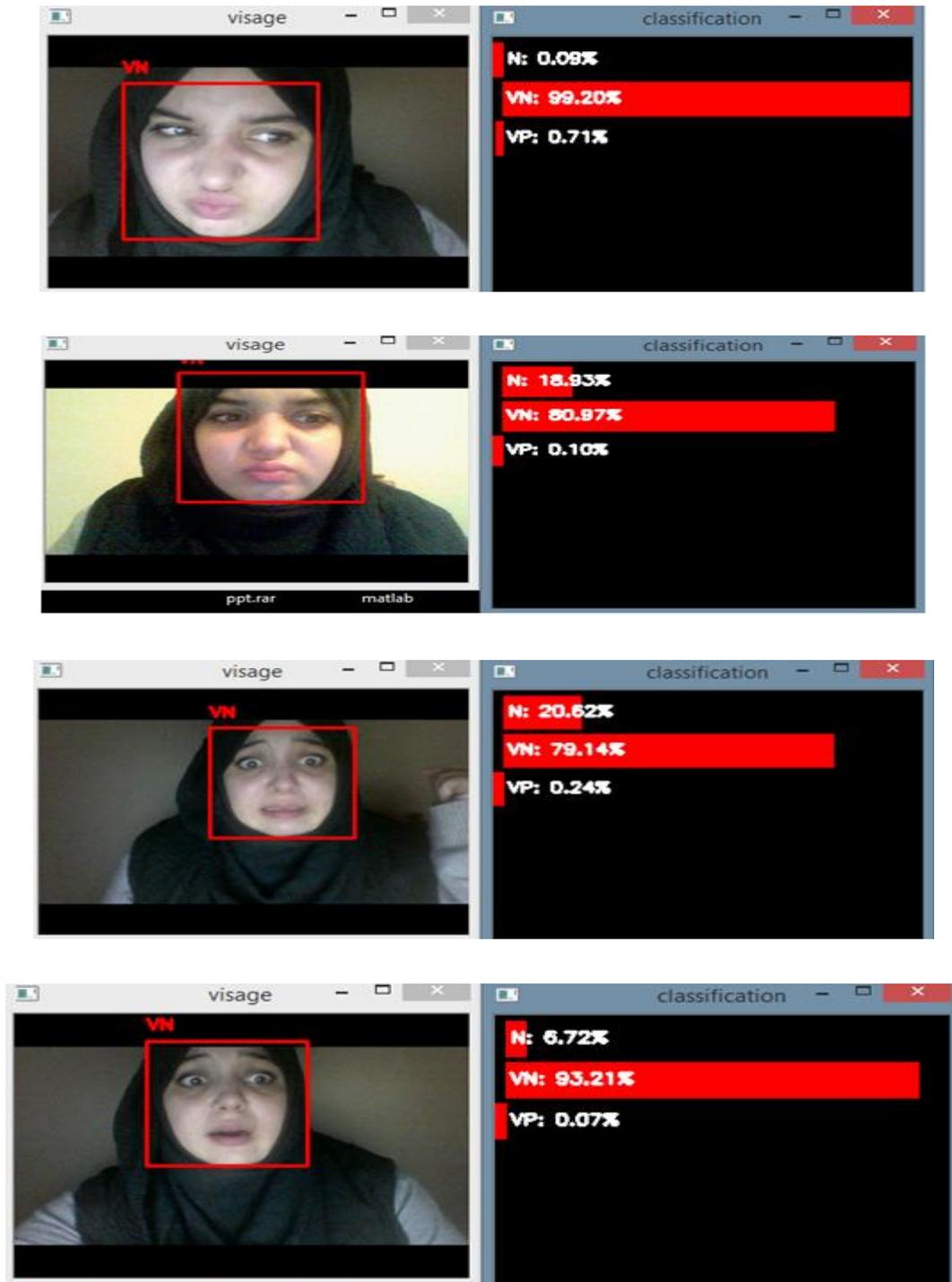


Figure 3.20: Résultat d'état negative.

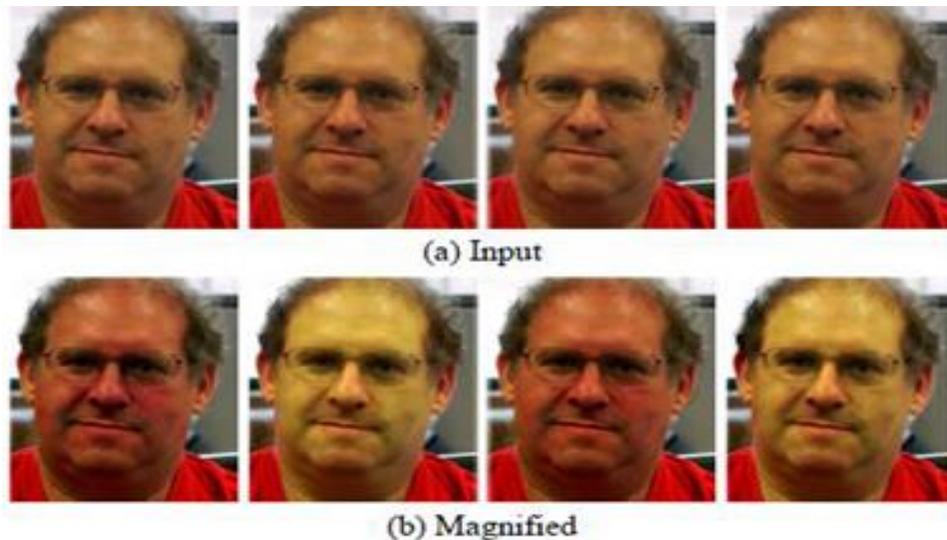
### 3.7.1 Analyse des résultats

Les caméras sont généralement limitées par leur emplacement et des facteurs environnementaux. Par exemple, l'éclairage et le bruit de fond peuvent avoir un impact significatif sur les résultats de la reconnaissance.

En somme les résultats donnés par l'interface sont satisfaisants, même si on remarque qu'il subsiste une sensibilité à la lumière, le modèle a réussi à détecter les trois valences souhaitées.

## 3.8 Extraction du rythme cardiaque

La détection de l'onde de pouls cardiovasculaire qui traverse le corps est appelée Photoplethysmography (PPG), elle utilise la réflectance ou la transmission de la lumière et constitue la méthode la moins coûteuse et simple à utiliser. PPG est basé sur le principe que le sang absorbe la lumière plus que les tissus environnants, de sorte que les variations du volume sanguin affectent la transmission ou la réflectance en conséquence. Pour résumer l'augmentation du rythme cardiaque induite des changements au niveau de la couleur de la peau mais ces changements restent imperceptibles à l'œil nu. La figure suivante représente des visages avant et après un traitement d'images pour un visage avec différents rythme cardiaque.

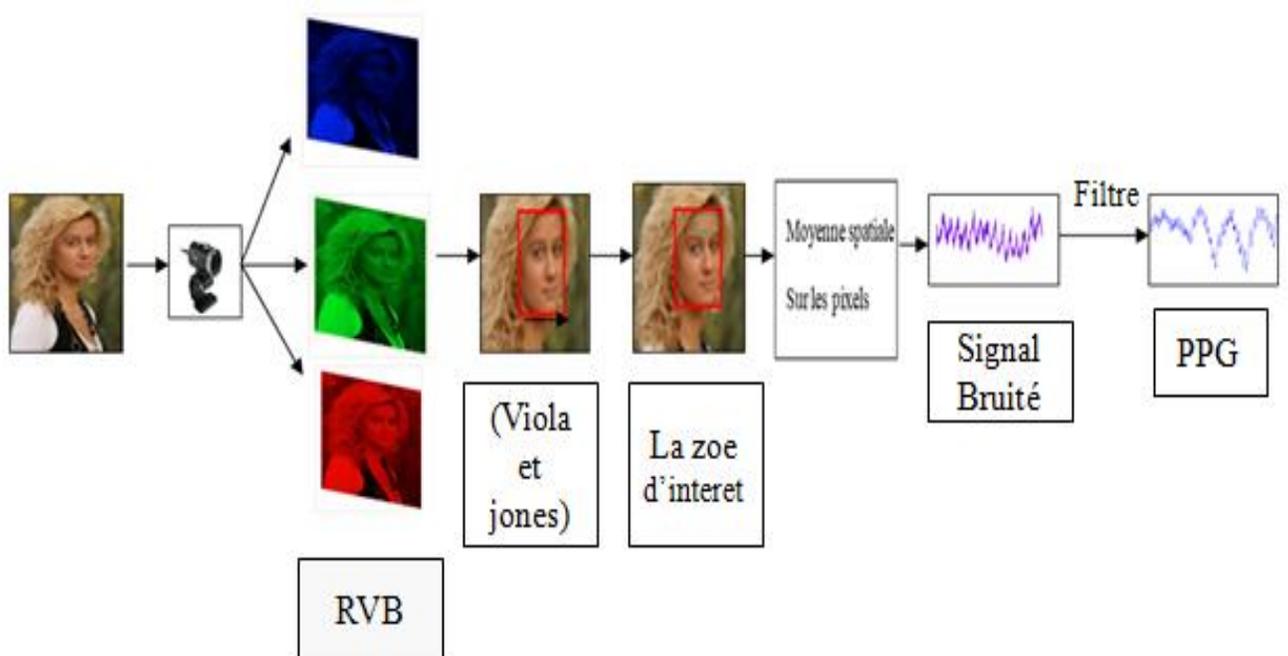


**Figure 3.21 :** Les variations de couleur entrainées par la PPG.

### 3.8.1 Formation du signal PPG

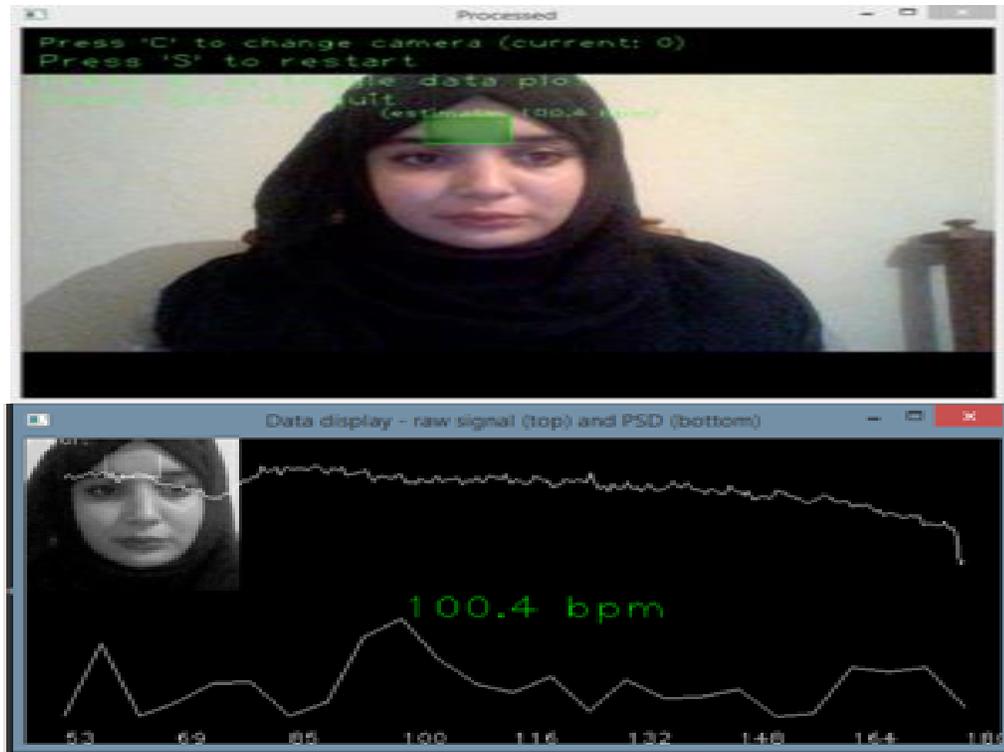
Les étapes principales de l'extraction du rythme cardiaque sont résumées par les étapes suivantes :

- Une fois le sujet placé dans de bonnes conditions de luminosité, son visage est capturé grâce à une camera.
- Une fois le flux video en marche, Le programme se charge capturer les images avec une certaine fréquence (30 à 50 images par seconde) puis n'utiliser que le canal vert de l'image.
- La zone exacte du visage est ensuite délimitée grâce à l'algorithme de Viola et Jones.
- Une région rectangulaire est ensuite isolée au niveau du front.
- Pour chaque image une moyenne spatiale de la zone du front est calculée (une opération qui transforme un ensemble de pixels en un scalaire). La moyenne spatiale est calculée sur les intensités lumineuses de l'image en ne prenant en compte que les pixels différents de 0 qui sont les plus sombres.
- Le signal brut est ainsi formé par le calcul cité et ceux pour chaque image capturée
- Le PPG est le résultat de l'application d'un filtre passe bande avec une coupure de 0.8Hz et 6Hz sur le signal brut. éliminer les hautes fréquences ainsi que les basses fréquences incompatibles avec un signal cardiaque normal.



**Figure 3.22:** Extraite le signal PPG sur le canal vert.

### 3.8.2 Résultat



**Figure 3.23 :** Résultat du rythme cardiaque.

### 3.8.3 Analyse de résultat

Cette étude a été conduite pour observer le rythme cardiaque sur le signal PPG, plus particulièrement sur la capacité à mesurer avec précision la fréquence cardiaque instantané. Les résultats sont satisfaisants.

## Conclusion

Le rythme et la variabilité de la fréquence cardiaque sont des paramètres physiologiques utilisés dans de nombreux domaines, spécifiquement en milieu de la conduite ou encore en informatique affective. Le programme sur lequel nous nous sommes appuyés dans la première section basé sur la mesure de la valence des émotions dans plusieurs émotions à travers lequel nous rencontrons l'état du conducteur, tel que nous avons eu assez des résultats avec une précision très élevée et pour ce qui est du rythme cardiaque nous avons montrés dans la section 2 permettant de mesurer le rythme cardiaque à travers le visage du participant à l'aide d'une caméra, ce qui à son tour nous a donné une résultats très proche à la réalité. Cette étude montre qu'il est tout à fait possible d'utiliser une webcam pour extraire la fréquence cardiaque instantanée et quantifier le rythme cardiaque d'une personne en enregistrant les traits sur le visage mais à cause des conditions sanitaires, nous ne pouvons pas une base des données pour le rythme cardiaque et pour faire le système embarqué car on avait besoin d'une présence ainsi que de matériel, d'autre part ce travail nécessite de nombreuses expériences et des outils des qualités qui ne peuvent pas être fabriqués à distance.

## Conclusion générale

Ce mémoire discutait de la faisabilité et de l'intérêt de la reconnaissance automatique à partir de données et a proposé une approche pour réaliser le traitement de la reconnaissance. Non seulement physiologique des signaux, tels que l'ECG et PPG. De plus, dans les domaines qui ne sont pas spécifiquement liés à la pratique médicale hospitalière. La conduite et la condition physique du conducteur sont des sujets très intéressants pour intégrer de tels systèmes. Le conducteur peut ainsi mesurer ses données importantes de manière régulière et autonome[1].

Un stress excessif peut réduire les performances. Cela conduit toujours à de fortes réactions émotionnelles. La variabilité de la fréquence cardiaque peut évaluer avec précision l'activité du système nerveux autonome, évaluant ainsi l'état de stress d'une personne.

Le programme qu'on a mis au point peut être amélioré de plusieurs manières, pour ce nous proposons les perspectives suivantes :

- Que se soit pour la détection de la valence ou pour le rythme cardiaque on a remarqué une sensibilité à la luminosité, elles peuvent être corrigées par le changement du modèle pour la valence et par l'utilisation d'une autre méthode de filtrage pour rythme cardiaque.
- Englober le programme de détection de la valence ainsi que du rythme cardiaque dans un seul programme puis l'embarquer afin de les tester dans des conditions réelles de conduite.

## Bibliographie

- [1] B.ZHANG., "Stress Recognition from Heterogeneous Data", 2018.
- [2] N.MONOT, " Des systèmes d'aide à la conduite au véhicule autonome connecté ", 2019.
- [3] C. LEMERCIER et J.-M. CELLIER, "Les défauts de l'attention en conduite automobile : inattention, distraction et interférence ", 2008.
- [4] O.LARAQUI, " Evaluation de la vigilance chez les conducteurs professionnels de poids lourds a Casablanca ", 2008.
- [5] F. Laurent, "Détection de la fatigue mentale à partir de données électro physiologiques", 2011.
- [6] B.SCHNEIDER, "Sentiment de fatigue : causes et conséquences".
- [7] N.ALIOUA, " Extraction et analyse des caractéristiques faciales : application à l'hypovigilance chez le conducteur ", 2015.
- [8] K.KADDOUR et A.LEZZREUG, "Développement d'une application de détection somnolence au volant du conducteur pour éviter les accidents de la route ".
- [9] F.LUTHON, " Théorie de l'évidence pour suivi de visage", 2011.
- [10] Y.RODRIGUEZ, " Suivi de visage avec un téléphone mobile Windows Mobile", 2007.
- [11] J.JEGATHEESAN, "Safe use of automated lane keeping system asks call for evidence", 2020.
- [12] P.DAMON, " Estimation pour le développement de systèmes d'aide à la conduite des véhicules à deux-roues motorisés", 2019.
- [13] C.CABROL, " Anatomie du cœur humain ", 2002.
- [14] F.BOUSEFSAF, " Mesure sans contact de l'activité cardiaque par analyse du flux vidéo issu d'une caméra numérique: extraction de paramètres physiologiques et application à l'estimation du stress", 2015.
- [15] J.P.MAYER, "La fréquence cardiaque est un indice d'astreinte physique ancien servi par une métrologie moderne ", 2014.
- [16] V.CARDINAL, " Bradycardie sévère et asystolie lors d'induction au sévoflurane et sufentanil à faible dose : à propos de trois cas".
- [17] J.MARSAC, " Variabilité de la fréquence cardiaque : un marqueur de risque cardiométabolique en santé publique" 2012.
- [18] J.REIGNIER, " Un calcul direct de l'effet Doppler-Fizeau relativiste", 2008.
- [19] L.CHIOUKH, " Système médical intégré de radar pour la surveillance de précision des bâtiments cardiaques et statut respiratoire", 2009.
- [20] S.DELECROIX et M. SKIFATI, " Les Caméras Infrarouges ".
- [21] M. LEE et R. Matthews, " Electrode or ECG Monitoring and Life Signs Detection for the Objective Force Warfighter ", 2004
- [22] D. HIBBS, "Cœur et stress : combattre le stress pour déduire le risque cardio-vasculaire".
- [23] S.MHIRI, " L'impact du stress Professionnel sur l'implication organisationnelle, l'absentéisme et l'intention de quitter chez les cadres ", 2013.
- [24] C.PSYCHOL, " STRESS AND DEPRESSION", 2005.
- [25] T.PREVOT, " Pathogénicité du stress chronique chez l'adulte dans un modèle murin : Impact à long terme et rôle de la somatostatine", 2015.
- [26] S.COHEN et T.KAMARC, " A global measure of perceived stress ", 2004.
- [27] A.RIENER et A.FERSCHA, " Heart on the road: HRV analysis for monitoring a driver's affective state", 2009.

- [28] B.ZHANG., ‘‘Stress Recognition from Heterogeneous Data’’,2018.
- [29] N. SHARMA et T.GEDEON,’’ Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: a survey ‘’, 2012.
- [30] M.JABON, J.BAILENSON, E.PONTIKAKIS, L.TAKAYAMA, et C.NASS, ‘‘Facial expression analysis for predicting unsafe driving behavior’’, 2011.
- [31] W.ZHANG,’’ A Real-Time Human Stress Monitoring System Using Dynamic Bayesian Network’’,2005.
- [32] T. PARTALA et V.SURAKKA,’’Pupil size variation as an indication of affective processing’’, 2002.
- [33] W. S. Peavler,’’ Pupil Size, Information Overload, and Performance Differences’’.
- [34] J. GRIECO, ‘‘ Evaluation of Voice Stress Analysis Technology ‘’, 2016.
- [35] J. H. L. Hansen et S. A. Patil, « Speech Under Stress: Analysis, Modeling and Recognition », 2007.
- [36] W.HANDOUZI, "Traitement d'information mono-source pour la validation objective d'un modèle d'anxiété: Application au signal de pression sanguine volumique", 2014.
- [37] F.Abdat, "Reconnaissance automatique des émotions par données multimodales: Expression faciale et signaux physiologiques", 2010.
- [38] M.Gendre, "Influence des émotions sur l'organisation biomécanique des mouvements volontaires d'approches et d'évitement, cas de l'initiation du pas et de l'élévation latérale de la jambe", 2015.
- [39] P. Philippot, " Emotion et psychothérapie", 2007.
- [40] C.CUNGI, ‘‘ Bon stress , mauvais stress et performance : La variabilité de la fréquence cardiaque ‘’, 2012.
- [41] R.LAZARUS,’’ FROM PSYCHOLOGICAL STRESS TO THE EMOTIONS: A History of Changing Outlooks ‘’, 2020.
- [42] G.BIJSTERBOSCH, L. MOBACH et M.KLIEN, ‘‘ Validation of the child models of the Radboud Faces Database by children ‘’, 2020.

## Résumé :

Dans ce travail, nous proposons un système de mesure basé sur la mesure sans contact. Utilisez une seule caméra. À partir de l'expérience du visage et de la fréquence cardiaque, nous avons sélectionné les principales caractéristiques pertinentes qui représentent le mieux la relation étroite entre ces caractéristiques et le stress. Les travaux dans le domaine de la reconnaissance des émotions à l'aide de caméras sans contact utilisent souvent des données peu fiables pour soutenir des informations qui ne correspondent pas toujours à la situation envisagée. La raison de ce manque de fiabilité peut être due à plusieurs paramètres, dont la subjectivité de la méthode d'évaluation utilisée. Nous avons développé une méthode pour évaluer objectivement les données en fonction de la dynamique des caractéristiques sélectionnées. La base de données utilisée a été enregistrée en conditions réelles, obtenue à partir de sujets présentant des niveaux élevés du stress en situation sociale et de sujets non traités. Le stimulus utilisé est l'exposition à un environnement virtuel qui représente une situation sociale préoccupante.

**Mots clés :** reconnaissance automatique, stress, apprentissage profond, vision par ordinateur.

---

## Abstract:

In this work, we propose a measurement system based on non-contact measurement. Use only one camera. From the experience of the face and the heart rate, we selected the main relevant characteristics that best represent the close relationship between these characteristics and stress. Work in the field of emotion recognition using contactless cameras often uses unreliable data to support information that does not always correspond to the envisaged situation. The reason for this unreliability may be due to several parameters, including the subjectivity of the valuation method used. We have developed a method to objectively evaluate the data according to the dynamics of the selected characteristics. The database used was recorded in real conditions, obtained from subjects with high levels of social stress and from untreated subjects. The stimulus used is exposure to a virtual environment which represents a worrying social situation

**Keywords:** automatic recognition, stress, deep learning, computer vision

---

## ملخص:

في هذا العمل، نقترح نظام قياس يعتمد على قياس عدم الاتصال. استخدم كاميرا واحدة فقط. من تجربة الوجه ومعدل ضربات القلب، اخترنا الخصائص الرئيسية ذات الصلة التي تمثل أفضل علاقة وثيقة بين هذه الخصائص والإجهاد. غالبًا ما يستخدم العمل في مجال التعرف على المشاعر باستخدام كاميرات بدون تلامس بيانات غير موثوقة لدعم المعلومات التي لا تتوافق دائمًا مع الموقف المتصور. قد يكون سبب عدم الموثوقية هذا ناتجًا عن العديد من المعلمات، بما في ذلك عدم موضوعية طريقة التقييم المستخدمة. لقد طورنا طريقة لتقييم البيانات بموضوعية وفقًا لديناميكيات الخصائص المختارة. تم تسجيل قاعدة البيانات المستخدمة في ظروف حقيقية،

الكلمات المفتاحية: التعرف الآلي، الضغط، التعلم العميق، الرؤية الحاسوبية