

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département : Electronique

Mémoire de fin d'étude en master

DOMAINE : Sciences et technologies FILIERE : Electronique

SPECIALITE : Electronique des systèmes embarqués

Mémoire présenté par:

MANA Thanina

KEDIR Sonia

Thème :

**Conception et réalisation d'un système intelligent d'aide à la
conduite automobile.**

Mémoire soutenue le 30/06/2024 devant le jury composé de :

Mme KHERCHAOUI Sonia

Mme OUSLIMANI Farida

Mme OUDJEMIA Souad

Présidente

Encadreuse

Examinatrice

Promotion: 2023/2024

Remerciements

Nous tiens tout d'abord à remercier Dieu tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir le modeste travail et a permis que nous soyons ce que nous sommes aujourd'hui.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promotrice OUSLIMANI Farida", pour ses précieuses orientations, son aide et ses conseils tout au long de ce projet.

Nous tenons tout particulièrement à remercier vivement les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer et juger notre travail.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos chères FAMILLES pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien durant toutes ces années d'études.

Enfin, un remerciement à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

En premier lieu à la mémoire de ma grand-mère *Sâadia* que dieu la recueillera dans son vaste paradis.

À mes chers parents et oncle qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études.

À ma grande famille : mes cousins, mes cousines et mes tantes.

À mes chères sœurs « *Thinhinane, Djouher et Narimane* » qui ont partagé avec moi les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail.

À mes chères amies *Imane* et *Raounek*, merci énormément pour votre soutien précieux, merci pour votre grand cœur, vos qualités qui seraient trop longues à énumérer, merci pour votre présence et votre amour.

À mon binôme *Sonia* ainsi qu'à toute sa famille.

À tous ceux qui j'aime.

À tous ceux qui m'aiment.

“*Thanina*”

Je dédie ce travail :

En premier lieu à mes chers parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études.

À mes deux frères « *Ghiles et Salim* », ma Sœur

« *Thanina* » et mes grands-parents qui ont partagé avec moi les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail.

À ma famille.

À mes chères amies, merci énormément pour votre soutien précieux, merci pour votre grand cœur, vos qualités qui seraient trop longues à énumérer, merci pour votre présence et votre amour.

À mon binôme *Thanina* ainsi qu'à toute sa famille.

Sonia

Liste des figures :

Figures	Titres des figures	Pages
Figure I.1	Evolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués de 1990 à 2012.	6
Figure I.2	Facteurs des accidents relevés en 2017.	7
Figure I.3	Les différents systèmes d'aide a la conduite (ADAS)	11
Figure I.4	Evolution du nombre de décès sur les routes françaises depuis 1960, associée à la disponibilité de systèmes d'aide à la conduite.	13
Figure I.5	les niveaux d'automatisation de la conduite	14
Figure II.1	Les différentes méthodes de détection de fatigue.	25
Figure II.2	Shape predictor landmarks 68.	28
Figure II.3	Détail de l'étape de caractérisation.	28
Figure II.4	Région d'un œil représentée par les points caractéristiques.	29
Figure II.5	Détection de clignement des yeux.	30
Figure II.6	Une bouche représentée par les points caractéristiques	31
Figure II.7	Détection de bâillement	32
Figure II.8	Schéma d'un système embarqué typique	35

Figure II.9	Quelques applications du système embarqué.	37
Figure II.10	Les cartes d'interface les plus connues	38
Figure III.1	Raspberry pi 3 Model B	41
Figure III.2	Emplacement des différents composants du Raspberry Pi 3 Modèle B	43
Figure III.3	Ports GPIO	44
Figure III.4	Module caméra web	45
Figure III.5	Module ISD1820	46
Figure III.6	Caractéristiques d'ISD1820	47
Figure III.7	L'organigramme de détection de la fatigue.	48
Figure III.8	Synoptique du système.	52
Figure III.9	Schéma de câblage	53
Figure III.10	Résultat du test d'un conducteur dans l'état normal sans accessoire.	54
Figure III.11	Résultat du test d'un conducteur dans l'état normal avec accessoire.	54
Figure III.12	Résultat du test d'un conducteur dans l'état de fatigue sans accessoire	55

Figure III.13	Résultat du test d'un conducteur dans l'état de fatigue avec accessoire	55
----------------------	---	-----------

Table des matières :

Introduction	1
Chapitre I	4
Généralités sur les systèmes d'assistance à la conduite	4
I.1 Préambule :	5
I.2 la sécurité rentière :	5
I.3 Les principaux facteurs d'accidents :	7
I.3.1 facteurs sans rapport avec l'erreur humaine :	8
Conditions météorologiques :	8
Mauvais état des routes :	8
Défauts de véhicule :	8
I.3.2 facteurs dus à une erreur du conducteur :	8
Distraction au volant :	8
La conduite en état d'ivresse :	9
L'excès de vitesse :	9
Le non-respect du code de la route :	9
Conduite agressive:	9
La fatigue :	9
I.4 Système d'aide à la conduite :	10
I.4.1 Définition des systèmes d'assistance à la conduite :	10
I.4.2 Evolution des systèmes d'assistance à la conduite :	11
I.4.3 Niveaux d'automatisation de la conduite :	13
➤ Niveau 0 : Absence d'automatisation :	14
➤ Niveau 1 : Assistance à la conduite :	14
➤ Niveau 2 : Automatisation partielle :	15
➤ Niveau 3 : Automatisation conditionnelle :	15
➤ Niveau 4 : Automatisation élevée :	16
➤ Niveau 5 : Automatisation complète :	16
I.4.4 les systèmes d'assistance les plus courants :	16
PAS : Park Assist System :	16
ACC : Adaptive Cruise Control :	17
TSR :Traffic Sign Recognition :	17
Le détecteur de fatigue :	17

EBA : Emergency Brake Assist :	18
LDWS: Lane Departure Warning System:	18
I.5 Les avantages et inconvénients des ADAS :	19
I.5.1 Les avantage :	19
Amélioration de la sécurité :	19
Réduction des collisions :	19
Assistance à la conduite :	19
Amélioration de la visibilité :	19
Détection de la fatigue :	20
I.5.2 Les inconvénients :	20
Dépendance excessive à la technologie :	20
Faux positifs et fausses alarmes :	20
Limites de performance :	20
Complexité et apprentissage :	21
I.6 Le système d'aide à la conduite proposé :	21
I.7 Discussion :	21
Chapitre II :	22
Système de détection de fatigue chez le conducteur	22
II.1 Préambule :	23
II.2 La relation entre la fatigue et la conduite :	23
II.2.1 Les causes de la fatigue du conducteur:	23
a-Insuffisance ou irrégularité de sommeil :	24
b-Stress, anxiété, et dépression :	24
c-Certains médicaments :	24
d-Consommation d'alcool :	24
II.2.2 Les conséquences de la fatigue sur la sécurité routière :	25
II.3 Les méthodes de détection de la fatigue chez le conducteur	25
II.3.1 Méthode basée sur le signal EEG	26
II.3.2 Méthode basée sur les réseaux de neurones artificiels	26
II.3.3 Méthodes basées sur le traitement d'image	26
II.3.3.1 La détection de visage :	27
II.3.3.2 la détection des yeux et du bâillement	27
a-Détection des yeux :	29

b- Détection de la bouche (bâillement):	31
II.4 Les systèmes embarqués :	33
II.4.1 Caractéristiques :	33
a. Temps-réel :	33
b. Réactivité :	34
c. Criticité, Fiabilité :	34
d. Autonomie :	34
e. La consommation énergétique :	35
II.4.2 Architecture de système embarqué	35
II.4.3 Domaine d'application	36
II.4.4 Avantages des Systèmes embarqués :	37
II.4.5 Les cartes d'interface de système embarqué :	38
II.5 Discussion :	39
Chapitre III	40
Conception et réalisation de notre système	40
III.1 Préambule :	41
III.2 Conception et réalisation du notre système :	41
III.2.1 Conception matérielle :	41
III.2.1.1 Raspberry Pi 3 modèle B :	41
a. Définition :	41
b. Caractéristiques du Raspberry Pi 3 modèle B :	41
C. Accessoires utilisé du Raspberry Pi :	43
III.3.1.2 Module camera :	44
III.3.1.3 carte ISD1820 :	45
III.3.1.4 Autres Composants :	47
III.2.2 Conception logicielle :	47
III.2.2.1 L'organigramme de système de détection de fatigue chez le conducteur :	48
III.2.2.2 Environnement :	49
a. Raspberry Pi OS (anciennement Raspbian) :	49
b. Visual Studio Code (VSCode):	49
III.2.2.3 Langage de programmation:	49
a. Python :	49
III.2.2.4 Bibliothèques utilisées :	50

a. OpenCV (Open Source Computer Vision):.....	50
b. DLIB :.....	50
c. Numpy :.....	51
d. Imutils :.....	51
III.3 Réalisation et tests :.....	51
III.3.1 Synoptique de système :.....	52
III.3.2 Montage de système :.....	53
III.3.3 Tests et résultats :.....	53
III.3.3.1 Le conducteur dans un état normal :.....	54
a. Sans accessoire :.....	54
b. Avec accessoire :.....	54
III.3.3.2 Le conducteur dans état fatigue (detection des yeux et baillemt) :.....	55
a. Sans accessoire :.....	55
b. Avec accessoire :.....	55
III.4 Discussion :.....	56
Conclusion	57
Bibliographie.....	59
Bibliographie :.....	60

Introduction

Introduction :

Le transport constitue un pilier fondamental du développement socio-économique mondial, jouant un rôle crucial dans le façonnement des sociétés contemporaines. Ce secteur vital facilite le mouvement fluide des personnes et des biens à travers villes et nations, créant ainsi un réseau interconnecté essentiel pour le maintien et l'expansion de l'activité économique à l'échelle globale.

Malgré les avancements dans le domaine du transport, plusieurs éléments de sécurité sont encore à améliorer. Il y a toujours de nombreux accidents, notamment dans le transport terrestre. Plusieurs facteurs recensés peuvent conduire à ces accidents. Parmi ces facteurs, nous citons la fatigue. Elle représente un taux de 21% des accidents de la route. Afin de réduire le nombre d'accidents, l'industrie du transport a intégré des innovations technologiques améliorant ainsi la sécurité. Parmi ces innovations, les systèmes d'aide à la conduite (Advanced Driver-Assistance Systems, ADAS) utilisent des technologies de pointe telles que les capteurs, les caméras et l'intelligence artificielle pour surveiller l'environnement autour du véhicule et intervenir.

Dans ce contexte, nous nous intéressons dans ce travail, à la détection de la fatigue lors de la conduite. La fatigue est un des états de la personne qui peut survenir dangereusement en conduisant. Dans ce cas, la nécessité de mettre au point un système de détection et d'alerte est primordial. En détectant la fatigue, le système réagit et émet des signaux d'alarmes. Pour ce faire, nous avons utilisé une caméra qui prend des photos du visage du conducteur d'une façon régulière. Ces photos sont transmises à l'unité de commande pour les traiter et détecter les signes de fatigue. Dans le cas où la fatigue est avérée, le système génère un son qui fait réveiller le conducteur.

Pour bien structurer notre mémoire, nous avons scindé le travail en trois chapitres.

Dans le premier chapitre, nous allons expliquer l'état des lieux de la sécurité routière en présentant des statistiques mondiales et nationales. Nous identifierons ensuite les principaux facteurs d'accidents et les solutions pour les éviter ou en réduire les conséquences. Aussi, nous décrivons les dispositifs de sécurité intégrés dans les véhicules, en détaillant leur définition, leur évolution vers l'automatisation de la conduite, ainsi que les systèmes d'aide les plus courants. Le système de détection de la fatigue a été soigneusement détecté dans ce chapitre.

Dans le deuxième chapitre, nous avons examiné les divers impacts de la fatigue sur le comportement des conducteurs, soulignant l'importance cruciale de détecter cet état pour prévenir les accidents. Nous avons ensuite discuté des différentes méthodes de détection de la fatigue, en mettant particulièrement l'accent sur la méthode de traitement d'image.

Le troisième chapitre est consacré à la description matériel et logiciel du système de détection de fatigue proposé, nous avons présenté un aperçu des équipements utilisés et décrit en détail leurs caractéristiques. Nous avons également exposé les logiciels et bibliothèques employés, puis expliqué l'intégration de ces éléments dans un système fonctionnel. Enfin, nous avons abordé la réalisation des tests évalués l'efficacité de notre système de détection de fatigue chez le conducteur.

Chapitre I

Généralités sur les systèmes d'assistance à la conduite

I.1 Préambule :

La question de l'amélioration de la sécurité des usagers de la route demeure un enjeu majeur de la société depuis de nombreuses décennies et reste au cœur des préoccupations sociales. Les accidents de la circulation continuent chaque année de causer de nombreux décès et de graves blessures à travers le monde. Grâce aux nombreuses avancées technologiques et aux nouvelles normes de sécurité visant à rendre la conduite de plus en plus sûre, les constructeurs automobiles ont développé de nombreuses solutions dans le but d'améliorer la sécurité routière.

Dans ce chapitre, nous proposons, dans un premier temps, un bref constat sur la sécurité routière en présentant quelques statistiques mondiales et nationales. Ensuite, nous fournissons les principaux facteurs d'accidents ainsi que les solutions proposées pour les éviter ou réduire leurs conséquences.

La partie suivante de ce chapitre s'intéresse aux dispositifs de sécurité, principalement ceux intégrés dans le véhicule afin d'aider le conducteur dans sa tâche de conduite. En premier lieu, nous décrivons ces systèmes en présentant leur définition et leurs étapes d'évolution, qui ont facilité le chemin vers les systèmes d'automatisation de la conduite. De plus, nous explorons les différents systèmes d'aide les plus courants, en mettant en évidence leurs avantages et leurs inconvénients.

En dernier lieu, nous nous intéressons au système de détection de la fatigue.

I.2 la sécurité routière :

Les accidents de route constituent un important problème économique, social et de santé publique selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les données de l'OMS montrent que la route a tué près de 1,3 million de personnes chaque année dans des accidents de la circulation, ce qui représente plus de 3000 décès par jour, avec 20 à 50 millions de blessés. Ces accidents sont particulièrement prévalent dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, qui possèdent moins de la moitié du parc mondial de véhicules. Par exemple, l'Afrique compte près de deux fois et demie plus de décès sur les routes que l'Europe, malgré le fait que le continent ne représente que 2% du parc automobile mondial mais enregistre 16% des décès mondiaux dus aux accidents de la route [1]. L'Algérie est également touchée par cette réalité car le nombre d'accident en 2012 a atteint 42477 accidents avec 69141 blessés et 4447 morts

[2]. L'évolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués de 1990 à 2012 est présentée par la figure suivante :

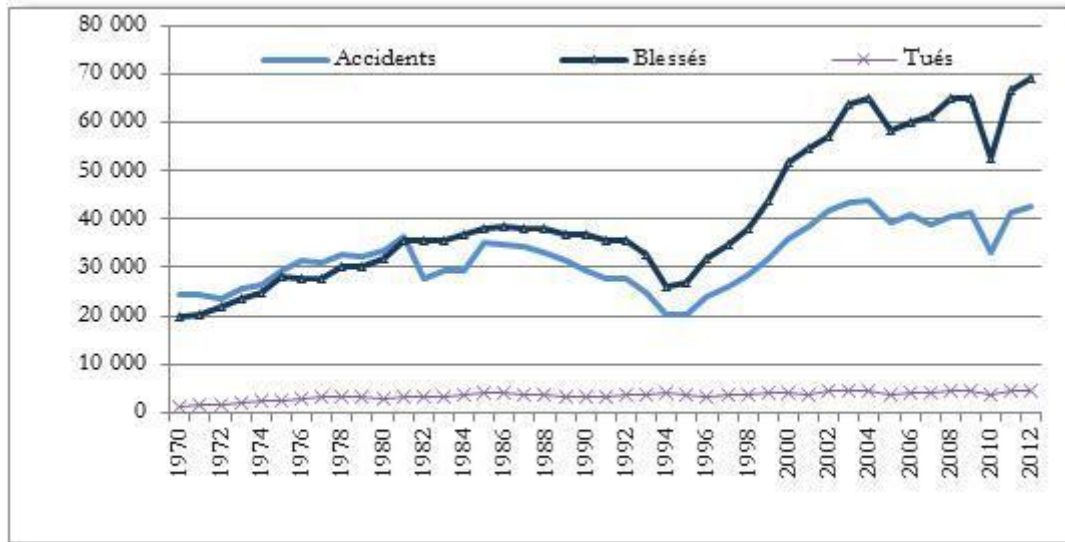


Figure I.1: Evolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués de 1990 à 2012.

-De 1990 à 1994 : Au cours de cette période, il y a eu une diminution significative du nombre; accidents et de blessés. Cette baisse explique principalement par le contexte sécuritaire d'époque. Il est possible que certains accidents; aient pas été correctement enregistrés, mais il convient de noter que la mobilité a fortement diminué pendant cette période. De plus, les déplacements nocturnes étaient pratiquement inexistants.

-De 1995 à 2000 : Cette période a été marquée par deux tendances significatives : une augmentation du nombre d'accidents et une expansion rapide du parc automobile. Simultanément, on a assisté à une amélioration générale de la sécurité routière, conduisant à une reprise progressive de la mobilité.

-De 2001 à 2006 : une légère diminution un phénomène particulier au cours des années 2001 à 2006, avec une baisse plus notable en 2005. La principale raison de cette diminution est attribuée à la mise en œuvre; un nouveau cadre réglementaire et à son effet d'annonce (Loi 16- 04 sur organisation, la sécurité et la police de la circulation). Ce changement est traduit par le renforcement du système de contrôle et de sanction de la sécurité routière [3].

-De 2007 à 2012 : une baisse a été observée en 2010, potentiellement due à une répression renforcée, comme indique ordonnance N°09-03 du 22 juillet 2009. Malgré ça, les chiffres des accidents et des blessures ont augmenté en 2011 et 2012 [4].

I.3 Les principaux facteurs d'accidents :

Malgré les avancées technologiques dans les véhicules, comme les caméras de recul, les phares adaptatifs, les accidents de la route persistent. Ces accidents peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur la vie des personnes impliquées, telles que la douleur, la souffrance ou des handicaps permanents. Selon les données fournies par le Centre National de Prévention et de Sécurité Routières (CNPSR) pour année 2017, une représentation graphique montre que 96,05 % des accidents en Algérie sont dus à des erreurs humaines[5].

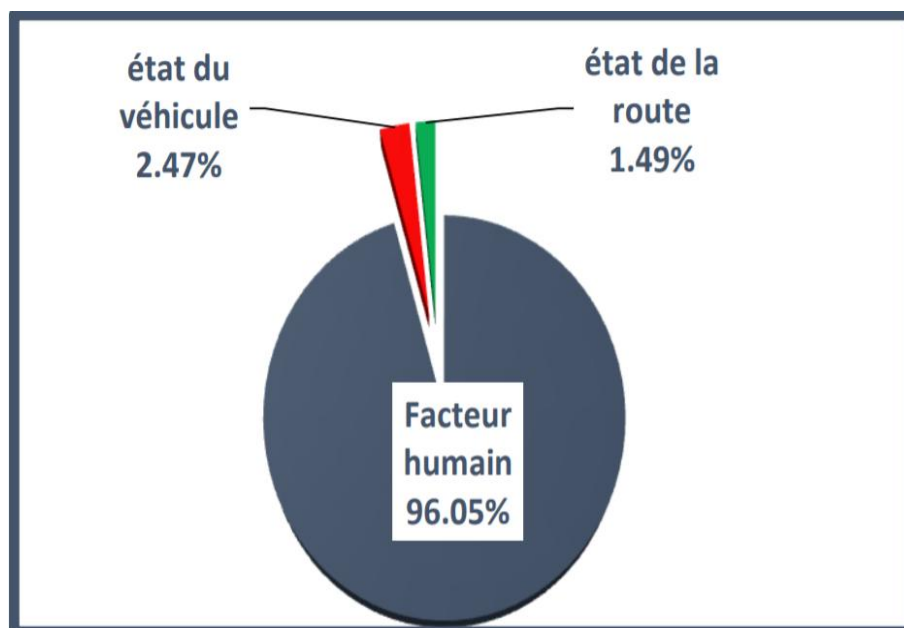


Figure I.2 : Facteurs des accidents relevés en 2017.

D'après la figure 2 on peut classer les facteurs des accidents en 2 catégories :

I.3.1 facteurs sans rapport avec l'erreur humaine :

Parfois, même les conducteurs les plus prudents peuvent être victimes d'accidents de voiture sans que ce soit de leur faute. D'autres facteurs peuvent également jouer un rôle important.

Conditions météorologiques :

Les routes deviennent glissantes en raison de la pluie, de la neige ou du verglas, ce qui réduit l'adhérence des pneus et peut entraîner la perte de contrôle des véhicules, entraînant des sorties de route ou des collisions avec d'autres objets ou véhicules. De plus, le brouillard, les niveaux d'eau élevés et la force du vent peuvent également contribuer aux accidents causés par les conditions météorologiques.

Mauvais état des routes :

Les routes en mauvais état accroissent le risque de crevaison des pneus et compromettent la capacité du conducteur à freiner efficacement.

Défauts de véhicule :

Les véhicules sont constitués de nombreuses pièces qui assurent leur bon fonctionnement et leur sécurité. Cependant, en raison du grand nombre de composants, il n'est pas rare que certains d'entre eux se détériorent et ne fonctionnent pas correctement.

I.3.2 facteurs dus à une erreur du conducteur :

La majorité des accidents de la route ne résultent pas simplement d'une incompetence dans la conduite, mais plutôt des décisions prises par les conducteurs au volant. En réalité, près de 94 % de tous les accidents routiers sont causés par des erreurs humaines. À un moment donné, de nombreux conducteurs peuvent se retrouver impliqués dans des situations impliquant les principales causes d'accidents de la route. Cependant, une meilleure prise de conscience de ces facteurs peut encourager les conducteurs à adopter une conduite plus responsable sur la route.

Distraction au volant :

La distraction au volant constitue l'une des principales causes d'accidents de voiture. Contrairement à la croyance populaire, le cerveau humain ne peut se concentrer efficacement

que sur une seule tâche. Ainsi, lorsque les conducteurs envoient des textos, parlent au téléphone, lisent ou mangent tout en conduisant, leur attention est divisée entre ces différentes activités, ce qui les empêche de se concentrer pleinement sur la route.

La conduite en état d'ivresse :

La conduite en état d'ébriété entraîne de nombreux décès chaque jour. Mais, grâce aux récents d'efforts de sensibilisation, le nombre de décès liés à cette pratique a diminué.

L'excès de vitesse :

Le dépassement de la vitesse autorisée est l'une des principales causes d'accidents sur les routes. Cela peut être dû à diverses raisons telles que le fait d'être en retard pour le travail, de suivre la circulation ou tout simplement de ne pas faire attention à sa vitesse.

Le non-respect du code de la route :

Surtout aux intersections, est une des principales causes d'accidents de voiture. Environ 40 % de ces accidents surviennent à ces endroits, souvent parce que les conducteurs ne respectent pas les feux rouges ou les panneaux d'arrêt. Il est important de comprendre que le fait de risquer sa vie, ainsi que celle des autres, pour gagner seulement une ou deux minutes d'attente ne vaut pas la peine. Cette attitude imprudente peut avoir des conséquences tragiques.

Conduite agressive:

C'est quand un conducteur enfreint les règles de conduite et met en danger les autres conducteurs. Cela peut inclure aller trop vite, ne pas respecter les panneaux de signalisation tels que les panneaux de priorité, les feux rouges, ou les panneaux d'arrêt qui peut entraîner des collisions avec d'autres véhicules traversant l'intersection.

La fatigue :

Quand quelqu'un est fatigué au volant, son cerveau fonctionne moins efficacement. Cela signifie qu'il peut avoir du mal à réagir rapidement aux situations d'urgence sur la route, comme un freinage brusque ou un obstacle soudain. De plus, la fatigue peut rendre la vision floue ou réduire la capacité à percevoir les dangers.

Dans cette situation les erreurs humaines sont la principale cause d'accidents de la route, de nombreux chercheurs dans le domaine des Systèmes concentrent leurs efforts sur la création d'un dispositif de sécurité pour les nouveaux véhicules.

Permet ces dispositifs, il y a les systèmes d'aide à la conduite qui suscitent un intérêt particulier.

I.4 Système d'aide à la conduite :

De nos jours, les équipements électroniques sont de plus en plus présents au quotidien, notamment dans le secteur automobile. Ces nouvelles technologies améliorent la sécurité à bord de notre véhicule, tels que les systèmes d'aide à la conduite. Les systèmes d'aide à la conduite sont un secteur en pleine évolution. La plupart des systèmes actuels présents en série dans les véhicules ont pour objectif de pallier aux défaillances du conducteur, mais l'évolution récente est d'ajouter l'intégration d'objectifs de confort ou d'efficacité énergétique. Les systèmes d'aide à la conduite agissent sur la sécurité soit en aidant le conducteur à éviter un accident ou une situation à risque, soit en cherchant à en minimiser les conséquences.

I.4.1 Définition des systèmes d'assistance à la conduite :

Les systèmes d'aide à la conduite, ou ADAS (Advanced Driver Assistance System) en anglais, sont des dispositifs intégrés aux véhicules pour aider les conducteurs lorsqu'il se met dans des situations potentiellement accidentogènes. Ces dispositifs combinent des algorithmes informatiques avec des capteurs tels que des caméras, des radars et des lidars pour détecter les dangers potentiels [6].

Ils peuvent émettre des avertissements au conducteur, et dans certains cas prendre le contrôle du véhicule pour éviter les accidents. Parmi les véhicules équipés de ces systèmes ADAS sont les BMW Série 5, les Audi A7 et les Mercedes-Benz Classe E.

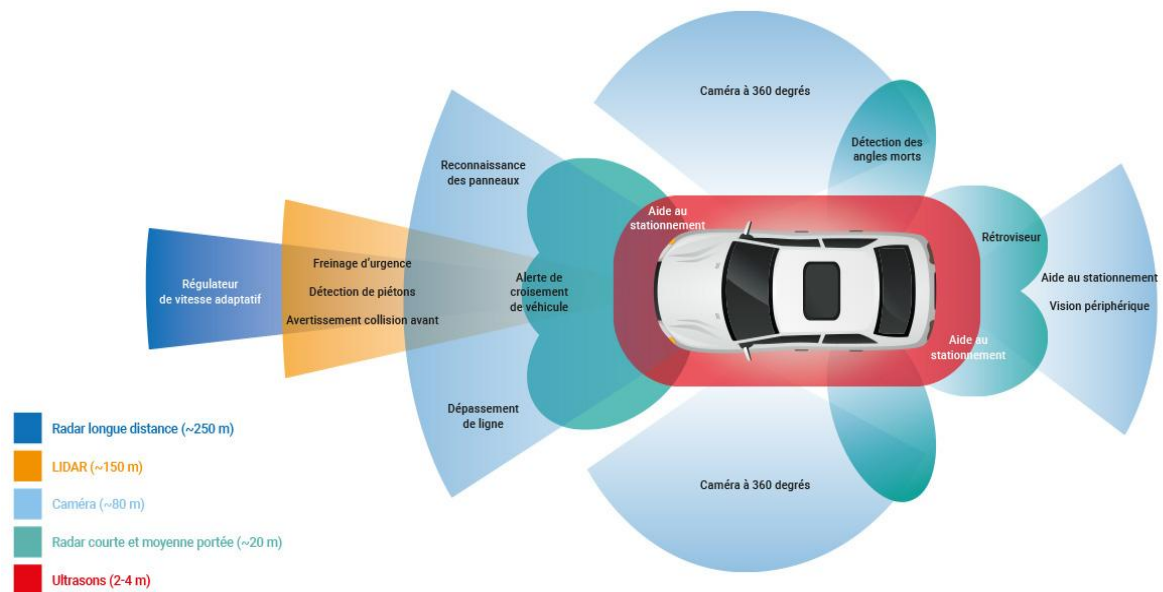


Figure I.3 : Les différents systèmes d'aide a la conduite (ADAS)

I.4.2 Evolution des systèmes d'assistance à la conduite :

Initialement, les constructeurs automobiles se sont focalisés sur l'utilisation de matériaux de carrosserie pour minimiser les dommages lors d'accidents, en améliorant notamment la résistance et l'absorption des chocs, ainsi qu'en intégrant les airbags dans les véhicules. Cette évolution a été favorisée par la création de l'Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) en 1997, un organisme indépendant chargé d'évaluer la sécurité des voitures les plus vendues en Europe à travers des tests de collision.

Par la suite, les constructeurs se sont tournés vers la sécurité primaire, également appelée préventive ou active, englobant les dispositifs conçus pour prévenir les accidents. La plupart des systèmes d'aide à la conduite relèvent de cette catégorie, rendue possible par l'introduction de l'électronique dans les véhicules. En 1978, Bosch a introduit le système d'antiblocage des freins (ABS), qui permet de maintenir le contrôle directionnel du véhicule en empêchant le blocage des roues lors de freinages intenses. L'objectif de l'ABS est de conserver la capacité

Chapitre I : Généralités sur les systèmes d'assistance à la conduite

du conducteur à diriger le véhicule pendant le freinage [7], devenant ensuite obligatoire sur tous les véhicules neufs de grande série commercialisés en Europe à partir de 2004.

Quelques années plus tard, l'introduction du programme électronique de stabilisation (ESP) a marqué une avancée significative dans le développement des ADAS. Le système ESP, apparu sur le marché en 1995 sur des modèles Mercedes Classe S et BMW Série 7 [8,9], est un dispositif électronique antidérapant qui corrige la trajectoire du véhicule en agissant sur le système de freinage et le couple moteur. En détectant les dérapages éventuels, l'ESP aide le conducteur à maintenir le contrôle en appliquant des forces de freinage sur une ou plusieurs roues, contribuant ainsi à réduire les risques d'accidents [10].

Parallèlement, des innovations telles que l'assistance au freinage d'urgence, l'assistance au parking et le régulateur de vitesse adaptatif ont enrichi le domaine des ADAS. Ces technologies, introduites respectivement dans les années 1996, 2004 et 1999, ont apporté des solutions supplémentaires pour améliorer la sécurité routière en réduisant les risques d'accidents dus à des facteurs humains tels que l'inattention ou la réaction tardive [11].

Enfin, l'émergence du freinage d'urgence autonome (AEB) en 2008 [12], notamment sur le Volvo XC60, représente une avancée majeure vers des véhicules dotés de capacités de réaction autonome face aux dangers potentiels sur la route. Ces systèmes AEB sont conçus pour déclencher automatiquement le freinage lorsque des obstacles sont détectés, offrant ainsi une protection supplémentaire contre les collisions.

Toutes ces avancées ont un impact significatif sur les chiffres de la sécurité routière, contribuant à réduire le nombre de victimes d'accidents. Par exemple, des études ont montré que les modèles de véhicules équipés d'un AEB à basse vitesse standard ont enregistré moins de sinistres pour leurs propres dommages, et les systèmes AEB ont démontré leur capacité à réduire les décès et les blessures en cas d'accident [13,14].

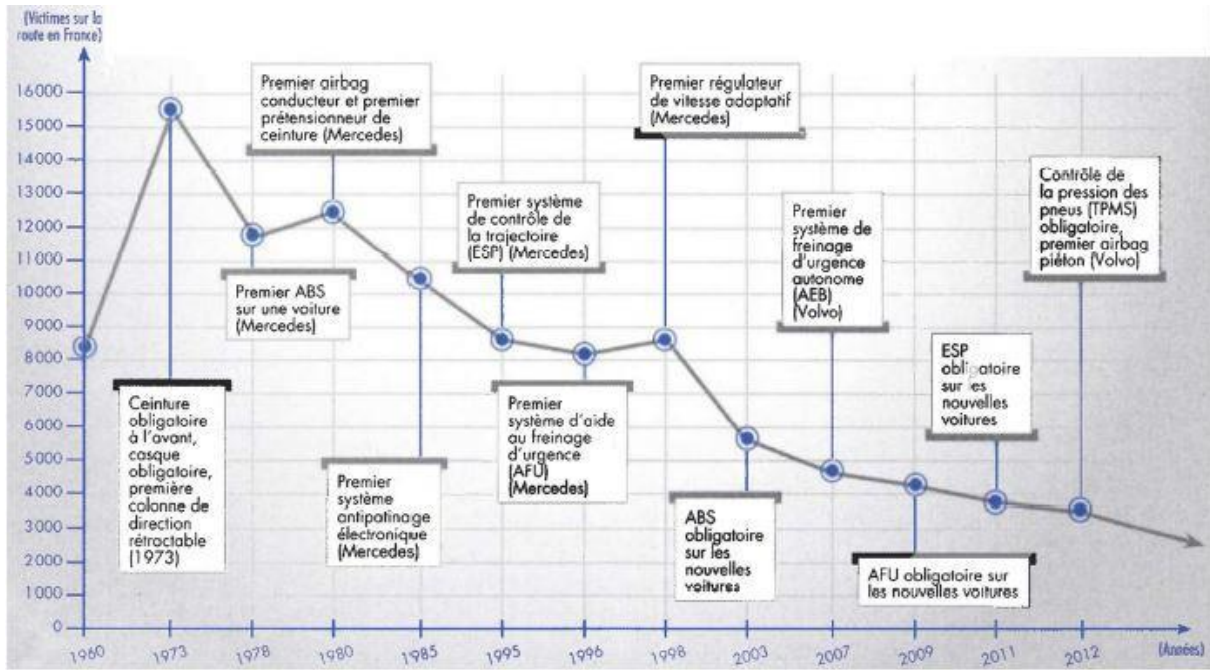


Figure I.4 : Evolution du nombre de décès sur les routes françaises depuis 1960, associée à la disponibilité de systèmes d'aide à la conduite.

I.4.3 Niveaux d'automatisation de la conduite :

Les progrès en recherche et développement laissent penser qu'on aura bientôt des voitures capables de se conduire toutes seules. En même temps, il est important de définir des niveaux intermédiaires d'automatisation pour suivre les avancées technologiques et savoir ce que ces voitures peuvent faire.

En 2014, la Society of Automotive Engineers (SAE International) a classé la conduite automatique en cinq niveaux. Au niveau 0, le conducteur contrôle tout, tandis qu'au niveau 5, la voiture peut rouler toute seule dans n'importe quelle situation [15].



Figure I.5 : les niveaux d'automatisation de la conduite [16].

On va expliquer ces différents niveaux :

➤ **Niveau 0 : Absence d'automatisation :**

La conduite reste entièrement sous la responsabilité du conducteur.

➤ **Niveau 1 : Assistance à la conduite :**



Eyes on, hands on.

Le système offre la possibilité de contrôler soit la vitesse et la distance par rapport aux véhicules précédents (contrôle longitudinal), soit suivre les lignes blanches sur la route (contrôle latéral) mais il ne peut pas exécuter les deux simultanément. Malgré l'assistance fournie par le système la responsabilité de la conduite demeure entièrement entre les mains du conducteur.

Chapitre I : Généralités sur les systèmes d'assistance à la conduite

Exemple : le régulateur de vitesse, le radar de franchissement de ligne, le freinage automatique d'urgence, l'avertisseur de collision.

➤ **Niveau 2 : Automatisation partielle :**



Eyes on, hands on.

Dans des cas spécifiques (par exemple : dépassement sur l'autoroute), le conducteur peut autoriser le système de contrôler à la fois la vitesse et la direction de véhicule, mais il reste responsable de la supervision : il doit surveiller en permanence le fonctionnement du système, d'observer attentivement l'environnement routier et être prêt à reprendre le contrôle total à tout moment si nécessaire.

Exemple : un assistant de conduite dans les embouteillages ou un assistant de parking.

➤ **Niveau 3 : Automatisation conditionnelle :**



Eyes on, hands off.

Dans certaines conditions, comme sur l'autoroute, par exemple : le système de conduite automatique peut prendre en charge toutes les opérations de conduite. Cependant, il doit être capable de reconnaître ses propres limites. Lorsque les conditions deviennent trop complexes pour le système, il alerte le conducteur plusieurs secondes à l'avance, à la fois visuellement et par des alertes sonores, pour lui signaler qu'il doit reprendre le contrôle de véhicule, cela assure que le conducteur reste attentif et peut intervenir rapidement en cas de besoin.

Exemple : le pilote d'autoroute, le parking automatique.

➤ Niveau 4 : Automatisation élevée :



Eyes off, hands off, mind off.

Le conducteur n'a pas besoin d'assister à la conduite, il peut concentrer sur d'autres tâches pendant que le véhicule fonctionne de manière autonome. Mais il doit reprendre le contrôle dès que le véhicule quitte la zone automatisée, et s'il ne réagit pas, le véhicule doit pouvoir prendre des mesures de sécurité par lui-même.

➤ Niveau 5 : Automatisation complète :

Dans le cadre de l'évolution des technologies automobiles, les systèmes de conduite de niveau 5 éliminent totalement le besoin d'intervention humaine, permettant au véhicule de fonctionner de manière autonome dans toutes les conditions de conduite.

I.4.4 les systèmes d'assistance les plus courants :

PAS : Park Assist System :

Est un dispositif d'aide au stationnement qui assiste le conducteur lors de ses manœuvres d'entrée et de sortie des espaces de stationnement. Ce système fournit au conducteur du véhicule des informations sur la distance par rapport aux voitures situées à l'arrière, et dans certains cas, également à l'avant du véhicule.

Le Park Distance Control (PDC) constitue un système d'avertissement de distance qui analyse les signaux lors des manœuvres d'entrée et de sortie des places de stationnement, fournissant des informations sur la distance jusqu'à l'obstacle. Il utilise des capteurs à ultrasons intégrés dans le pare-chocs arrière, et parfois dans le pare-chocs avant, pour émettre des ondes sonores à très haute fréquence, imperceptibles à l'oreille humaine. Ces ondes ultrasonores se réfléchissent sur les objets proches et sont captées par le capteur, qui mesure le temps écoulé entre l'émission et la réception de ces signaux. Plus l'objet est proche, plus le signal rebondit rapidement. Ensuite, ces données sont transmises à l'unité de contrôle PDC (ordinateur) pour informer le conducteur à travers des signaux audio, sonores et des images, éventuellement capturées par une caméra.

ACC : Adaptive Cruise Control :

Ce système est un régulateur automatique de vitesse amélioré conçu pour maintenir une vitesse constante prédéfinie par le conducteur, tout en adaptant automatiquement cette vitesse en fonction des véhicules environnants.

Ce système utilise des capteurs, tels que des radars ou des caméras, pour détecter les véhicules qui se trouvent devant, puis ajuste la vitesse du véhicule automatiquement pour maintenir une distance de sécurité prédéterminée. En cas de ralentissement d'approche d'un véhicule plus lent, le régulateur de vitesse adaptatif peut réduire la vitesse du véhicule de manière autonome, et reprendre automatiquement la vitesse initiale une fois que la voie est dégagée. Parmi les véhicules équipés par ce système sont : Audi A4, Honda Accord, Toyota Camry et Volvo S60.

TSR :Traffic Sign Recognition :

Ou un système de reconnaissance des panneaux de signalisation , ce système est une technologie embarquée dans les véhicules qui utilise des caméras et des logiciels de traitement d'image pour détecter et interpréter les panneaux de signalisation routière. Une fois qu'un panneau est identifié, les informations pertinentes sont affichées à l'écran du tableau de bord, permettant au conducteur d'être informé des règles de circulation en vigueur. Cette technologie vise à améliorer la sécurité et le confort du conducteur en fournissant des indications claires sur la signalisation routière en temps réel. Parmi les véhicules qui utilisent cette technologie, on peut citer la Ford Fiesta, la BMW Série 3 et la Volkswagen Tiguan.

Le détecteur de fatigue :

Ce système d'aide à la conduite surveille activement les signes de fatigue du conducteur en combinant plusieurs techniques. Cela se fait avec, une caméra située en haut du pare-brise capture les informations sur la route, tandis qu'une caméra infra analyse le visage du conducteur pour détecter les signes de fatigue, comme les bâillements fréquents ou les fermetures occasionnelles des yeux. Ces données sont ensuite analysées en temps réel par un ordinateur de bord, qui identifie tout comportement pouvant indiquer une baisse de vigilance, comme une déviation des marquages routiers ou une perte de vitesse. Lorsque des signes de fatigue sont détectés, le système alerte le conducteur, généralement par des vibrations dans le volant ou des signaux visuels ou sonores.

EBA : Emergency Brake Assist :

Est un système de sécurité automobile qui aide le conducteur lors d'un freinage brusque en déclenchant automatiquement une force de freinage maximale pour éviter ou réduire les conséquences d'une collision. Sur un véhicule, l'Assistance au Freinage d'Urgence est un système qui réduit la distance d'arrêt en cas d'urgence en optimisant la pression de freinage. Il se déclenche en fonction de la vitesse à laquelle la pédale de frein est actionnée. Cela se traduit par une diminution de la résistance de la pédale et une augmentation de l'efficacité du freinage. Ce système est composé de plusieurs éléments :

- Le capteur de pression : il mesure la pression exercée par le conducteur sur la pédale de frein et transmet cette information au calculateur électronique du véhicule.
- Le calculateur électronique : il analyse la pression exercée sur la pédale de frein et détermine si un freinage d'urgence est nécessaire.
- L'unité hydraulique : elle amplifie la pression de freinage lorsque le calculateur détecte qu'un freinage d'urgence est nécessaire, afin de générer une force de freinage maximale.

On trouve ce système dans ces voitures suivantes : Toyota, Ford, Audi, BMW et **Mercedes-Benz**.

LDWS: Lane Departure Warning System:

Le système d'avertissement de changement de voie, est un dispositif de sécurité avancé intégré dans de nombreux véhicules modernes, est conçu pour prévenir les collisions lors des manœuvres de changement de voie. En utilisant des capteurs tels que les radars qui surveillent les zones latérales situées à gauche et à droite du véhicule lorsque sa vitesse atteint ou dépasse les 50 km/h.

Si ces capteurs détectent un danger lors de l'initiation d'un changement de voie, le conducteur doit recevoir une alerte à temps, ce qui réduit significativement le risque de collision avec d'autres usagers de la route.

I.5 Les avantages et inconvénients des ADAS :

Les systèmes d'aide à la conduite sont des outils géniaux dans les voitures d'aujourd'hui. Ils sont là pour rendre la conduite plus sûre, plus facile et plus agréable. Mais comme tout, ils ont leurs bons côtés et leurs mauvais côtés [17].

I.5.1 Les avantage :

Les systèmes d'aide à la conduite offrent plusieurs avantages pour les conducteurs et contribuent à améliorer la sécurité routière de différentes manières :

Amélioration de la sécurité :

Les systèmes d'aide à la conduite sont conçus pour détecter les dangers potentiels sur la route et fournir des avertissements au conducteur, ce qui réduit le risque d'accidents dus à des erreurs humaines telles que la distraction, la fatigue ou le manque d'attention.

Réduction des collisions :

Les fonctionnalités telles que le système de freinage d'urgence, l'assistance au maintien dans la voie et le système de surveillance des angles morts aident à prévenir les collisions en alertant le conducteur des dangers potentiels et en intervenant si nécessaire pour éviter les accidents.

Assistance à la conduite :

Les systèmes d'aide à la conduite peuvent aider les conducteurs dans différentes situations de conduite, en leur fournissant des informations sur les conditions de la route, les limitations de vitesse, les changements de voie, etc., ce qui contribue à rendre la conduite plus sûre et plus confortable.

Amélioration de la visibilité :

Les systèmes d'aide à la conduite tels que les caméras de recul et les systèmes de vision nocturne améliorent la visibilité du conducteur, ce qui lui permet de mieux appréhender son environnement et de réagir de manière appropriée aux dangers potentiels.

Détection de la fatigue :

Les dispositifs de détection de fatigue alertent les conducteurs lorsqu'ils présentent des signes de somnolence, tels que les bâillements fréquents ou les fermetures occasionnelles des yeux, leur permettant ainsi de prendre les pauses nécessaires pour se reposer. Cette fonctionnalité contribue à réduire le risque d'accidents liés à la fatigue au volant.

I.5.2 Les inconvénients :

Bien que les systèmes d'aide à la conduite offrent de nombreux avantages en termes de sécurité et de confort, ils peuvent également présenter certains inconvénients. Voici quelques-uns des inconvénients potentiels associés à ces systèmes :

Dépendance excessive à la technologie :

Les conducteurs peuvent devenir trop dépendants des systèmes d'aide à la conduite et négliger de rester attentifs à la route et à leur environnement. Cela peut conduire à une complaisance et à une diminution de la vigilance, ce qui augmente le risque d'accidents si les systèmes ne fonctionnent pas correctement ou si une situation imprévue se produit.

Faux positifs et fausses alarmes :

Certains systèmes d'aide à la conduite peuvent déclencher des avertissements ou des interventions inutiles en réponse à des situations qui ne représentent pas réellement de danger, comme des faux positifs de détection d'obstacles ou des alertes de changement de voie incorrectes. Cela peut être source de distraction et d'irritation pour les conducteurs.

Limites de performance :

Les systèmes d'aide à la conduite ont des limites en termes de fonctionnement dans certaines conditions météorologiques (pluie, neige, brouillard), sur certains types de routes (non marquées, en mauvais état) ou face à certains obstacles (véhicules très lents, objets non détectés). Les conducteurs doivent donc rester conscients de ces limitations et être prêts à reprendre le contrôle du véhicule si nécessaire.

Complexité et apprentissage :

Certains conducteurs peuvent trouver les systèmes d'aide à la conduite complexes à comprendre et à utiliser correctement, ce qui peut nécessiter un temps d'adaptation et d'apprentissage. Cela peut être particulièrement vrai pour les conducteurs plus âgés ou moins familiers avec la technologie moderne.

I.6 Le système d'aide à la conduite proposé :

La fatigue et la somnolence au volant représentent des dangers considérables sur les routes. Ces états diminuent la vigilance et la capacité de réaction du conducteur, augmentant ainsi de manière significative le risque d'accidents graves. Les conséquences peuvent être désastreuses, allant de blessures sérieuses voire mortelles pour les occupants du véhicule à des dégâts matériels importants. Dans ce contexte, ce projet vise à concevoir un système embarqué capable de détecter les signes précurseurs de fatigue chez le conducteur et de lui fournir une alerte.

I.7 Discussion :

Les systèmes avancés d'assistance à la conduite sont des technologies intégrés aux véhicules pour améliorer la sécurité et le confort. Ces systèmes utilisent des capteurs et des caméras pour fournir des informations et des alertes au conducteur, aidant aussi à prévenir les accidents. Dans le prochain chapitre, nous allons décrire un ADAS qui va détecter la fatigue en mettant en évidence la méthode basée pour sa détection.

Chapitre II :

Système de détection de fatigue chez le conducteur

II.1 Préambule :

La fatigue au volant est un problème grave qui peut toucher tout conducteur, quel que soit son âge ou son expérience. Lorsque nous sommes fatigués et que nous conduisons, notre vigilance diminue, nos temps de réaction s'allongent et notre jugement se dégrade. Cela peut entraîner des accidents dangereux, voire mortels, sur la route.

La première partie de ce chapitre consiste à aborder la relation entre la fatigue et la conduite, ainsi que les différentes méthodes de détection de la fatigue chez le conducteur. Ensuite, la deuxième partie offre un aperçu sur le système embarqué qui joue un rôle important dans notre système.

II.2 La relation entre la fatigue et la conduite :

La fatigue au volant est un fléau silencieux mais mortel sur nos routes, souvent sous-estimée en tant que facteur de risque comparé à l'alcoolisme ou à la vitesse excessive. Cet état de fatigue réduit non seulement la vigilance du conducteur mais impacte également de manière significative son temps de réaction et sa capacité de jugement. En explorant la complexe relation entre la fatigue et la conduite, il devient impératif de reconnaître et d'adresser ce danger afin d'améliorer la sécurité routière et de prévenir les accidents potentiellement mortels. Cette prise de conscience est essentielle pour développer des mesures préventives efficaces et protéger la vie de chaque usager de la route.

II.2.1 Les causes de la fatigue du conducteur:

La fatigue est souvent le résultat d'un manque de sommeil prolongé, et il est généralement recommandé de bénéficier de sept à huit heures de sommeil de qualité par nuit. Les conducteurs qui ne respectent pas cette recommandation sont plus susceptibles de souffrir de somnolence accrue et de voir leur capacité à prendre des décisions judicieuses en conduisant diminuer, augmentant ainsi le risque d'accidents. Les principaux facteurs qui contribuent à la fatigue des conducteurs sont :

a-Insuffisance ou irrégularité de sommeil :

Ce phénomène conduit à une accumulation de dette de sommeil, perturbant ainsi le rythme circadien, ou horloge biologique interne, qui régule le cycle veille-sommeil. Ces perturbations peuvent sérieusement altérer l'alerte et la capacité de concentration nécessaire pour conduire en toute sécurité [18].

b-Stress, anxiété, et dépression :

Ces états psychologiques peuvent détériorer la qualité du sommeil en entraînant des réveils fréquents durant la nuit. La perturbation du sommeil due à ces conditions affecte directement la capacité d'un individu à rester alerte et à maintenir sa concentration, ces deux compétences essentielles pour la conduite sécuritaire.

c-Certains médicaments :

Plusieurs types de médicaments, tels que les antihistaminiques, les antidépresseurs, les anxiolytiques et les hypnotiques, peuvent avoir des effets sédatifs. Ces effets peuvent induire une somnolence accrue, ce qui est particulièrement dangereux lors de la conduite car cela diminue l'alerte et les réflexes du conducteur.

d-Consommation d'alcool :

L'alcool exerce un effet délétère sur le cycle du sommeil, nuisant à la qualité du repos nocturne. En perturbant spécifiquement les phases de sommeil profond essentielles à la récupération du corps et de l'esprit, l'alcool diminue significativement la vigilance et la capacité de concentration. Cette réduction de la vigilance est particulièrement risquée pour les conducteurs, augmentant le danger de somnolence au volant et réduisant la réactivité nécessaire pour conduire en toute sécurité.

II.2.2 Les conséquences de la fatigue sur la sécurité routière :

La fatigue au volant diminue considérablement la capacité de prise de décision, ce qui augmente le risque de collisions potentiellement mortelles avec d'autres véhicules ou objets fixes. Ces accidents peuvent entraîner des blessures graves ou mortelles tant pour le conducteur que pour les passagers, sans parler des dommages matériels significatifs. Malheureusement, malgré une conscience aiguë de leur état de fatigue, de nombreux conducteurs continuent de négliger ces risques et choisissent de poursuivre leur route.

Ainsi, il est très important de développer des méthodes efficaces pour détecter la fatigue chez le conducteur. L'adoption des technologies avancées telles que l'intelligence artificielle et le traitement d'image, largement utilisées dans les systèmes embarqués automobiles, permet de diminuer le risque d'accidents et d'améliorer la sécurité sur les routes. Cette démarche est essentielle non seulement pour protéger les conducteurs, mais aussi pour sauvegarder la vie des passagers et des autres usagers de la route.

II.3 Les méthodes de détection de la fatigue chez le conducteur

Les scientifiques ont développé trois approches différentes pour cette détection : les techniques de réseaux de neurones artificiels, les techniques d'EEG (électroencéphalographie) et les techniques de traitement d'image. Chacune de ces techniques apporte une solution spécifique pour évaluer l'alerte des conducteurs. La Figure (II.1) illustre ces différentes méthodes.

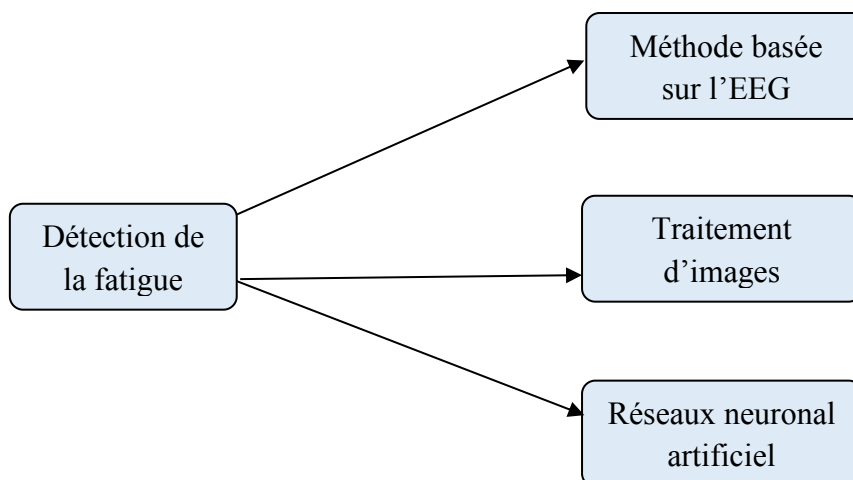


Figure II.1 : Les différentes méthodes de détection de fatigue.

II.3.1 Méthode basée sur le signal EEG

Cette technique utilise un casque équipé d'électrodes pour mesurer l'activité électrique du cerveau du conducteur. Les électrodes captent les signaux qui sont analysés par l'algorithme FastICA, isolant les composants indépendants pour réduire les interférences et le bruit. L'analyse du spectre de puissance des signaux permet de détecter des patterns de fatigue en observant des changements spécifiques dans l'activité cérébrale. Cette méthode non invasive offre une façon précise de surveiller en temps réel la vigilance du conducteur, aidant à prévenir les accidents liés à la fatigue [19].

II.3.2 Méthode basée sur les réseaux de neurones artificiels

Les réseaux de neurones artificiels est l'une des méthodes qui permettent de détecter la fatigue des conducteurs, en traitant les données visuelles et physiologiques collectées par des capteurs et caméras dans les véhicules. Ces systèmes apprennent à reconnaître des signes de fatigue comme la fréquence de clignement des yeux grâce à des processus d'apprentissage [20].

Dans le cadre de notre recherche sur les méthodes de détection de la fatigue chez le conducteur, nous avons choisi une approche basée sur le traitement d'image en raison de sa capacité à fournir des analyses visuelles en temps réel, ce qui est crucial pour détecter rapidement les signes de fatigue. Cette méthode offre une surveillance continue sans nécessiter d'équipement supplémentaire intrusif, garantissant ainsi un niveau élevé de sécurité et de confort pour les conducteurs et les passagers.

II.3.3 Méthodes basées sur le traitement d'image

Le traitement d'image dans les systèmes embarqués utilise des vidéos du conducteur pour identifier des signes de fatigue, comme le clignement des yeux et le bâillement, convertissant ces observations en données analysées par l'IA pour surveiller la vigilance du conducteur.

II.3.3.1 La détection de visage :

La première étape consiste à détecter les visages dans l'image en utilisant le détecteur de visage frontal. Ce détecteur s'appuie sur une cascade de classificateurs, basés sur la méthode Haar-cascade de Viola-Jones, pour identifier les régions d'intérêt correspondant à des visages [21]. La détection en cascade fonctionne en appliquant successivement les classificateurs de la cascade à différentes sous-régions de l'image. Chaque classificateur évalue une caractéristique spécifique de la sous-région et détermine s'il s'agit d'un visage. Si une sous-région est jugée non conforme à un visage, elle est immédiatement rejetée. Si elle est jugée conforme, elle passe au classificateur suivant dans la cascade. Ce procédé permet d'éliminer rapidement les zones sans visage et de concentrer les ressources de calcul sur les zones avec un potentiel plus élevé de contenir des visages.

II.3.3.2 la détection des yeux et du bâillement

Cette étape vise à identifier les caractéristiques pertinentes de l'expression faciale étudiée, tout en éliminant les informations redondantes. Pour détecter les signes de fatigue, nous nous concentrons sur l'extraction des points caractéristiques spécifiques du visage, notamment ceux des yeux et de la bouche (bâillement). La détection de ces points est réalisée grâce à la bibliothèque dlib en Python. Cette bibliothèque permet de générer 68 points 2D avec des coordonnées (x, y) qui représentent des structures faciales spécifiques. Ces points sont stockés dans un tableau indexé. Voici les indices de chaque point parmi les 68 (figure II.2).

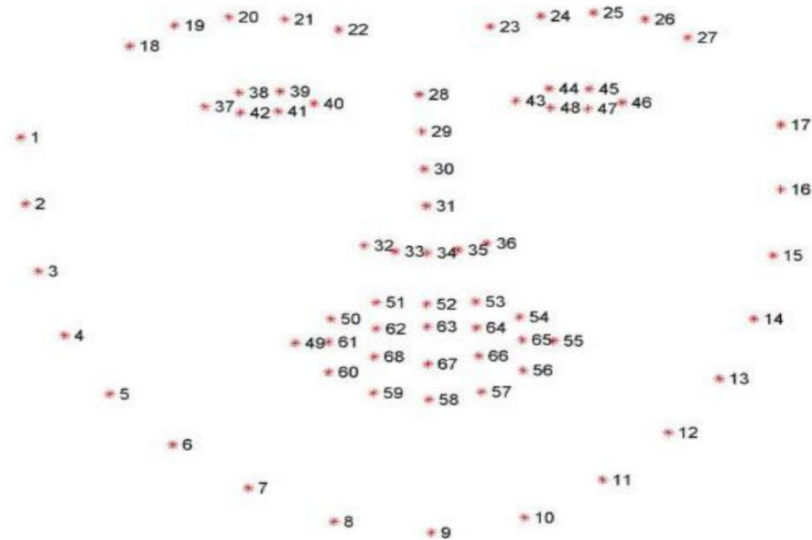


Figure II.2: Shape predictor landmarks 68.

Dans notre implémentation, nous nous concentrons sur les yeux et la bouche. La première tâche de cette étape est de détecter ces caractéristiques en identifiant les points caractéristiques (landmarks) des yeux et de la bouche sur le visage. La deuxième tâche est de maintenir ces points caractéristiques générés, qui contiennent des informations essentielles sur les visages. La dernière tâche est de conserver ces repères pour le calcul de la matrice des poids dans l'espace engendré par les visages propres retenus (voir la figure II.3)

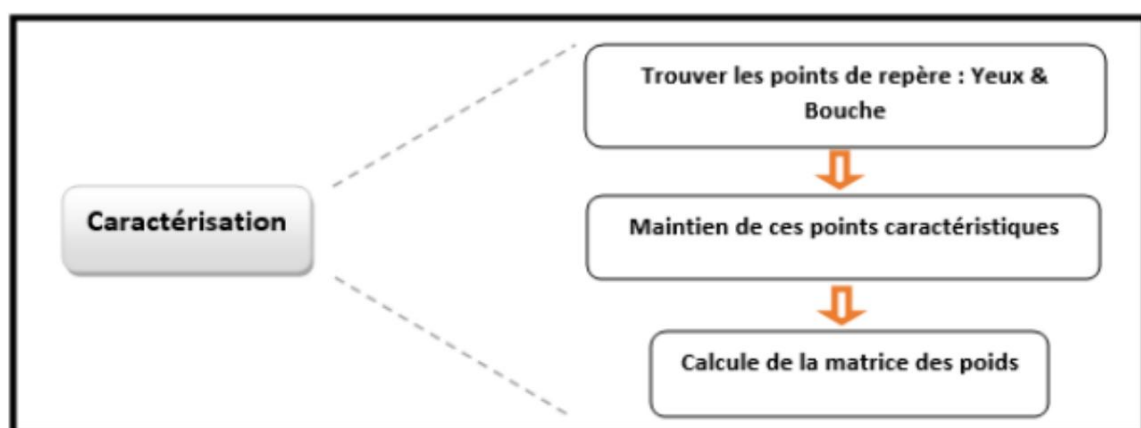


Figure II.3 : Détail de l'étape de caractérisation.

a-Détection des yeux :

Dans dlib, chaque œil est représenté par 6 points de coordonnées (x, y) comme indiqué dans la figure II.4 .

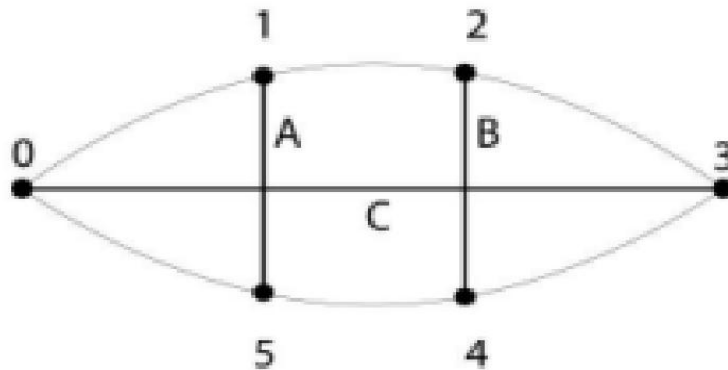


Figure II.4 : Région d'un œil représentée par les points caractéristiques.

Pour décrire et représenter les caractéristiques des yeux, nous utiliserons une mesure appelée Rapport d'Aspect Oculaire, ou « Eye Aspect Ratio (EAR) » en anglais. Ce rapport exprime la relation entre la largeur et la hauteur de l'œil. La valeur de cette mesure nous permettra de quantifier l'ouverture de l'œil ; plus elle est grande, plus l'œil est ouvert. [22]

La formule de calcul de l'EAR est la suivante :

$$A = d(\text{eye [1]}, \text{eye [5]}) \quad (\text{II.1})$$

$$B = d(\text{eye [2]}, \text{eye [4]}) \quad (\text{II.2})$$

$$C = d(\text{eye [0]}, \text{eye [3]}) \quad (\text{II.3})$$

Tel que A et B mesurent respectivement la distance verticale de l'œil et C calcule les dimensions horizontales de l'œil, alors :

$$\text{EAR} = (A+B) / (2.C) \quad (\text{II.4})$$

- **Seuil oculaire (T_e):**

C'est la valeur qui permet de définir l'état de l'œil. Si la valeur de l'EAR est en dessous de cette valeur, l'œil est considéré comme fermé.

$$\text{Etat des yeux} = \begin{cases} \text{Closed, } EAR < T_e, \\ \text{Open, } EAR \geq T_e \end{cases} \quad (\text{II. 5})$$

Dans la littérature, la plupart des études cherchent à déterminer cette valeur de manière empirique. La valeur de T_e peut être établie par essais et erreurs, en testant différentes valeurs afin de permettre au système de classer correctement les diverses instances. La valeur la plus représentative trouvée est : $T_e = 0,3$.

Nous expliquons cette procédure par l'algorithme suivant :

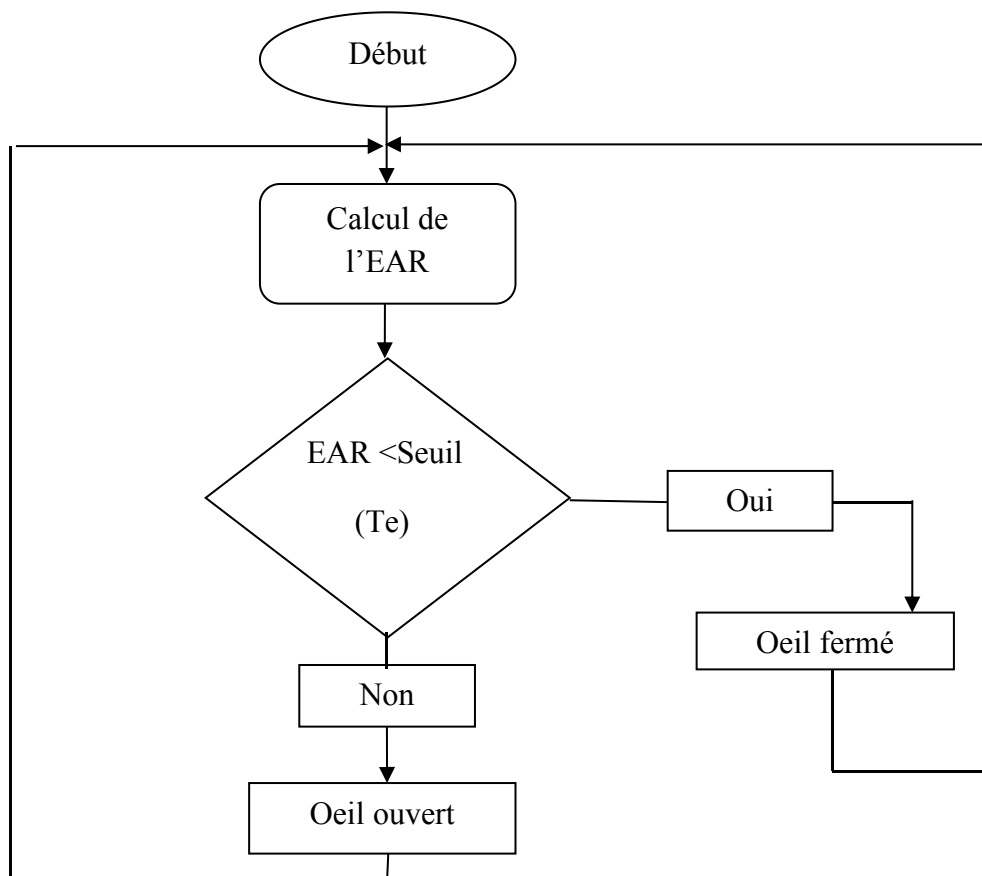


Figure II.5 : Détection de clignement des yeux.

b- Détection de la bouche (bâillement):

Après avoir détecté l'œil et calculé la valeur de l'EAR, la prochaine étape est la détection des bâillements, qui consiste à localiser la bouche et les lèvres. Pour ce faire, la zone de la bouche, marquée par des points caractéristiques, est également calculée par Dlib, comme indiqué dans la figure suivante :

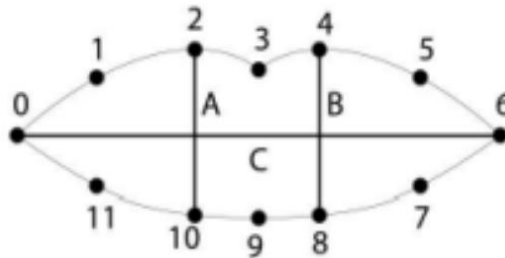


Figure II.6 : Une bouche représentée par les points caractéristiques.

De la même façon, nous calculons une mesure appelée Rapport d'Aspect de la Bouche, en anglais « Mouth Aspect Ratio (MAR) », qui représente le rapport entre la hauteur et la largeur de la bouche. En se basant sur les valeurs du MAR, nous pouvons déterminer si la bouche est ouverte (indiquant un bâillement) ou fermée. Cette valeur se calcule de la manière suivante :

$$A = d(\text{mouth}[2], \text{mouth}[10]) \quad (\text{II. 6})$$

$$B = d(\text{mouth}[4], \text{mouth}[8]) \quad (\text{II. 7})$$

$$C = d(\text{mouth}[0], \text{mouth}[6]) \quad (\text{II. 8})$$

Am et Bm mesurent l'ouverture verticale de la bouche et Cm calcule la largeur de la bouche, alors :

$$\text{MAR} = (A+B) / (2.0 * C) \quad (\text{II. 9})$$

- **Seuil de la bouche (Tm) :**

C'est la valeur seuil de MAR qui permet de définir si la bouche est ouverte en situation de bâillement ou autres. Si la valeur de MAR dépasse cette valeur, la bouche est considérée comme étant dans un état de bâillement.

$$\text{Etat de bouche} = \begin{cases} \text{Yawn, } \text{MAR} > T_m \\ \text{Closed - Talking, } \text{MAR} \leq T_m \end{cases} \quad (\text{II. 10})$$

Dans la littérature, des essais et des erreurs sont utilisés pour déterminer la valeur de T_m afin que le système puisse classer correctement une instance de bâillement ou de bouche fermée. Un problème de détection de faux positifs survient lors de la définition du seuil optimal pour la bouche ouverte, car un conducteur peut avoir la bouche ouverte tout en parlant. Cet état ne doit pas être confondu avec un bâillement. Le seuil est choisi de manière à être suffisamment élevé pour ignorer la bouche ouverte lors de la parole, car la bouche humaine s'ouvre beaucoup plus largement et sur un certain nombre d'images consécutives en bâillant que lorsqu'elle parle.

Nous expliquons cette procédure par l'algorithme suivant :

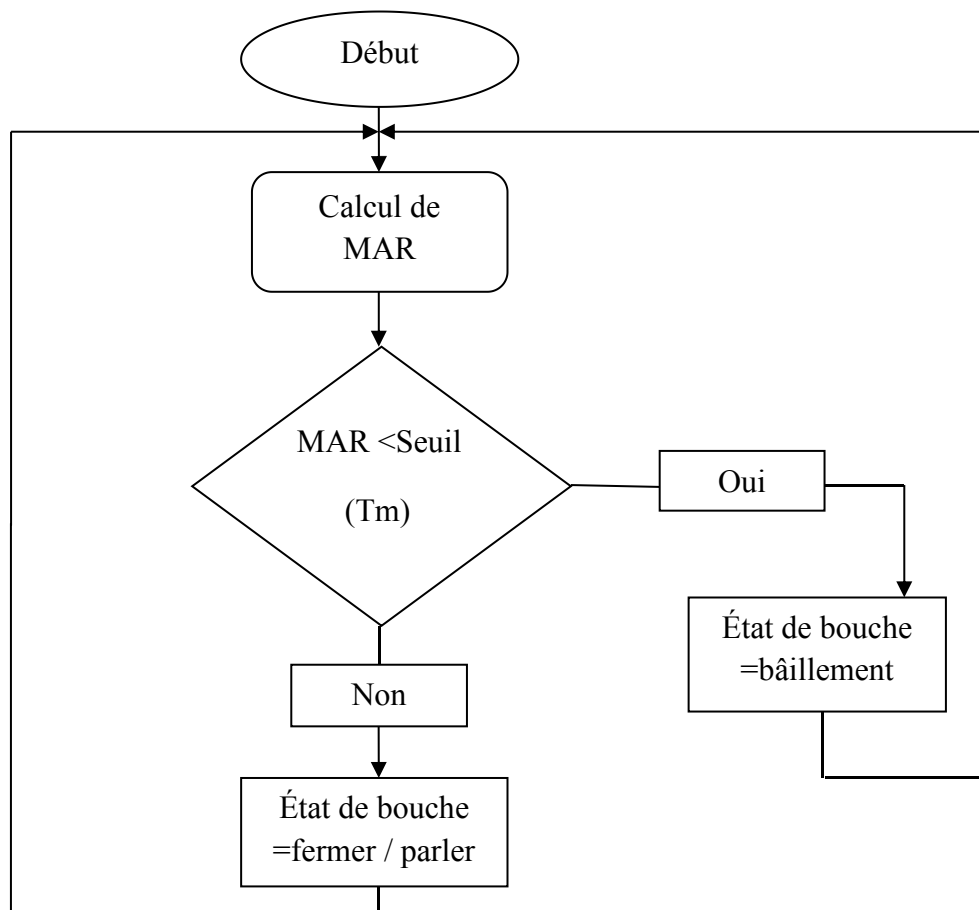


Figure II.7 : Détection de bâillement

II.4 Les systèmes embarqués :

Un système embarqué est une unité électronique et informatique conçue pour s'intégrer au sein d'un dispositif plus large, fonctionnant généralement en temps réel et dédiée à une mission spécifique. Ce système, caractérisé par des ressources limitées, se compose de composants matériels et logiciels spécialement élaborés pour exécuter une tâche déterminée. Il embarque habituellement un ou plusieurs microprocesseurs, chargés de mettre en œuvre des logiciels conçus spécifiquement et stockés dans des mémoires durant la phase de conception.. [23] .Cette spécialisation permet au système embarqué de répondre efficacement aux exigences de performance et de fiabilité requises pour sa fonction ciblée.

II.4.1 Caractéristiques :

Les systèmes embarqués possèdent des caractéristiques spécifiques qui les rendent uniques.

a. Temps-réel :

Un système en temps réel n'est pas simplement un système rapide ; il s'agit plutôt d'un système qui doit respecter des contraintes de temps strictes. Cela signifie qu'il doit garantir un comportement logique et temporel déterministe, assurant ainsi que les tâches sont complétées de manière prévisible dans le délai imparti. De plus, ces systèmes doivent souvent fonctionner sans erreurs dans des environnements critiques [24].

On distingue trois types de temps réel :

➤ Le temps réel dur :

Le temps réel dur désigne un système où le respect strict des délais est important, au point qu'un retard dans la réponse peut rendre le système inefficace ou même inutile. Un exemple classique est celui des systèmes de contrôle de missiles, où un retard, même minime, dans le traitement ou la réaction peut entraîner un échec de la mission avec des conséquences catastrophiques.

➤ **Le temps réel mou :**

Le temps réel mou désigne un système où un petit retard dans l'obtention des résultats n'est pas critique. Un exemple est le système d'ouverture d'une barrière automatique, où un léger retard n'entraîne pas de conséquences graves.

➤ **Le temps réel ferme :**

Le temps réel ferme se réfère à un type de système où des retards occasionnels dans la production des résultats sont tolérables. Par exemple, dans un système multimédia comme un téléphone mobile, de petits retards dans le traitement des données peuvent être acceptés sans compromettre significativement l'expérience utilisateur.

b. Réactivité :

La réactivité d'un système embarqué se manifeste dans sa capacité à surveiller et à contrôler un environnement en constante évolution. Cette tâche devient essentielle lorsque l'environnement présente des comportements changeants ou est de nature événementielle.

c. Criticité, Fiabilité :

En raison de leur portabilité et de la mobilité des produits dans lesquels ils sont intégrés, les systèmes embarqués évoluent généralement dans des conditions environnementales non déterministes et souvent non maîtrisées. Ils sont exposés à des variations et à d'autres contraintes environnementales susceptibles d'induire des défaillances. Parallèlement, à mesure que leur sophistication augmente, ces systèmes sont utilisés dans des applications de plus en plus critiques, où tout dysfonctionnement peut générer des nuisances significatives. Ces systèmes doivent donc garantir une très haute fiabilité et être capables de réagir efficacement en cas de panne de l'un de leurs composants [25].

d. Autonomie :

Les systèmes embarqués sont conçus pour fonctionner de manière autonome, c'est-à-dire qu'ils doivent accomplir leurs tâches sur de longues périodes sans intervention humaine. Cette

autonomie devient indispensable dans les situations où une intervention humaine est impossible, ou lorsque les réactions humaines sont trop lentes ou insuffisamment fiables pour répondre efficacement aux besoins du système [26].

e. La consommation énergétique :

Lors de la conception des systèmes embarqués, la gestion de la puissance est cruciale. Les processeurs intégrés dans ces systèmes ont une puissance significativement inférieure, généralement deux à trois ordres de grandeur moindre que celle des processeurs de PC.

Cette limitation de puissance contribue à une faible consommation énergétique, ce qui est vital étant donné que ces systèmes s'alimentent souvent à partir de sources d'énergie limitées telles que des batteries, des panneaux solaires, ou des piles à combustible dans le cas de certains prototypes avancés.

II.4.2 Architecture de système embarqué

Quelle que soit la nature et la complexité du système, un système embarqué est constitué généralement des dispositifs montrés dans la figure ci-dessus :

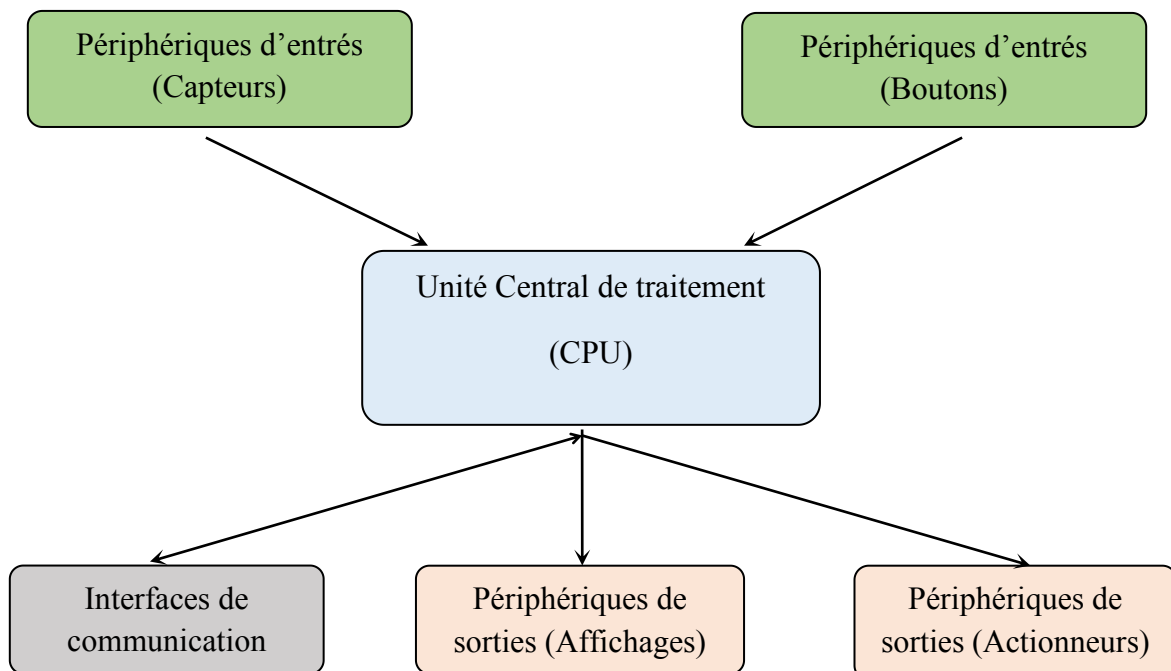


Figure II.8 : Schéma d'un système embarqué typique

-Unité Centrale de Traitement (CPU) : C'est le composant principal d'un ordinateur et de nombreux dispositifs électroniques, car il exécute les instructions des programmes en traitant les opérations de calcul, de logique, de contrôle et d'entrée/sortie. Les entrées : Se distinguent généralement en deux types : numériques et analogiques. Elles jouent un rôle essentiel en permettant au système de communiquer avec son environnement externe. Par exemple, elles sont utilisées pour lire des données provenant de capteurs, tels que des capteurs de température, ainsi que d'autres périphériques d'entrée comme des boutons. Ces données externes sont cruciales pour que le système puisse s'adapter et fonctionner de manière optimale en réponse aux différentes situations et exigences.

-Les sorties : Fonctionnent de manière similaire aux entrées, ayant pour objectif commun de faciliter l'interaction avec le monde extérieur. Elles sont utilisées pour afficher des informations ou pour contrôler des dispositifs, tels que les écrans pour l'affichage ou les actionneurs pour effectuer des actions physiques.

-Les interfaces de communication : Sont conçues pour établir la connexion entre un système embarqué et les autres périphériques, qu'elles soient filaires ou sans fil. Parmi les interfaces les plus courantes, on trouve l'Ethernet et l'USB pour les connexions filaires, ainsi que l'infrarouge, le Wifi et le Bluetooth pour les connexions sans fil.

II.4.3 Domaine d'application

Les systèmes embarqués sont largement utilisés dans diverses applications telles que le transport (automobile, espace, avionique, ferroviaire), les appareils électriques et électroniques (appareils photo, postes de télévision, électroménager, systèmes audio, téléphones portables), ainsi que dans la gestion de l'énergie et l'automatisation industrielle. Les systèmes embarqués, constitués de matériel et de logiciel intégrés, sont conçus pour réaliser des tâches fonctionnelles déterminées. Ces systèmes sont cruciaux dans presque tous les secteurs industriels, avec une présence notable dans des industries établies telles que les transports terrestres, l'aéronautique, le nucléaire, la défense et l'espace, ainsi que dans les télécommunications (téléphones portables, assistants personnels et applications internes des opérateurs), L'instrumentation médicale., L'électronique grand public (les terminaux mobiles, le multimédia, les jeux et les loisirs numériques).La sécurité (vidéosurveillance et les moyens d'identification).la domotique).



Figure II.9 : Quelques applications du système embarqué.

II.4.4 Avantages des Systèmes embarqués :

Les avantages des systèmes embarqués sont :

-Économie d'énergie. Utilisation de composants à capacité mémoire limitée et de processeurs de petite taille (4 bits ou 8 bits). Consommation de ressources telles que le poids, la taille physique, et la résistance aux vibrations. Fourniture de services spécifiques tels que le contrôle, la surveillance, et la communication. Fiabilité essentielle avec une redondance minimale pour assurer un fonctionnement continu. Sécurité opérationnelle du logiciel garantie, même en cas de défaillance d'un composant électronique. Consommation électrique minimisée.

Parmi les systèmes embarqués les plus couramment utilisés aujourd'hui se trouve dans l'automobile. Voici quelques-uns de ses avantages :

- Amélioration de la gestion de la flotte de véhicules en suivant en temps réel tous les véhicules sur une carte interactive
- Renforcement de la sécurité des conducteurs en leur fournissant des outils modernes pour éliminer l'utilisation du téléphone portable au volant.

- Amélioration de la réactivité des interventions en remontant en temps réel les situations d'urgence telles que les accidents ou les renversements de camions.
- Installation de système d’alerte pour le conducteur permet d’augmenter leur sécurité.

II.4.5 Les cartes d'interface de système embarqué :

Les cartes d'interface de système embarqué, également connues sous le nom de cartes de développement, sont des outils essentiels pour les ingénieurs et les développeurs qui travaillent avec l'électronique et la programmation des systèmes embarqués. Ces cartes sont des plateformes compactes qui intègrent les composants nécessaires pour créer et tester des applications interactives avec le monde physique. Elles se composent généralement d'un microcontrôleur ou d'un microprocesseur, de mémoires, d'entrées/sorties (E/S) et de divers périphériques. Ces dispositifs sont extrêmement polyvalents et peuvent être utilisés dans une variété d'applications allant de la robotique simple à des systèmes complexes de contrôle industriel et d'automatisation [27,28].

Voici un tableau présentant les différentes cartes d'interface de système embarqué et leurs principales caractéristiques

Carte de développement	Type de Processeur	Utilisation Typique	Points Forts
Arduino	Microcontrôleur Atmel AVR.	Education, Robotique.	Facile à programmer, Vaste gamme de module (shields), Communauté très active.
Raspberry Pi	Microprocesseur Broadcom ARM.	Projets informatiques, serveurs légers, media centres.	Gere des systèmes d’exploitation complets, large support de logiciels, GPIO versatile.
BeagleBone	Microprocesseur Sitara ARM.	Automatisation, développement industriel,	Nombreux ports E/S, capacité temps-réel, bonne

			enseignement.	documentation.
NVIDIA	Jeston	ARM Cortex-A57 (quad-core) avec GPU NVIDIA.	Projet d'AI, robots intelligents, application de vision par ordinateurs [29].	Puissant pour le traitement d'images et vidéos, soutien pour l'apprentissage profond.

Figure II.10 : Les cartes d'interface les plus connues

Dans notre projet, nous avons utilisé le Raspberry Pi comme plateforme de déploiement. Avec sa taille compacte et sa facilité d'utilisation, il est devenu une solution populaire pour les projets embarqués et l'implémentation de systèmes d'intelligence artificielle à petite échelle.

II.5 Discussion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les divers impacts de la fatigue sur le comportement des conducteurs, soulignant ainsi l'importance cruciale de détecter efficacement cet état pour prévenir les accidents. Ensuite, nous avons discuté des différentes méthodes de détection de la fatigue, en mettant l'accent sur la méthode de traitement d'image.

Chapitre III

**Conception et réalisation de notre système de
détection de la fatigue.**

III.1 Préambule :

Dans ce chapitre, dans une première partie, nous décrivons notre système en expliquant la partie matérielle et logicielle, nous expliquons son principe de fonctionnement ainsi que les algorithmes de détection utilisés. Dans une seconde partie, des tests sont effectués afin de vérifier le bon fonctionnement de notre système.

III.2 Conception et réalisation du notre système :

III.2.1 Conception matérielle :

Le matériel utilisé dans ce projet comprend une carte Raspberry Pi 3 modèle B, un module caméra, un haut-parleur, ainsi que d'autres composants.

III.2.1.1 Raspberry Pi 3 modèle B :

a. Définition :

Le Raspberry Pi 3 modèle B est un ordinateur compact de la taille d'une carte de crédit qui peut se connecter à un téléviseur, un clavier, et dispose d'une connectivité Wi-Fi et Bluetooth. Il peut fonctionner avec des systèmes d'exploitation basés sur Linux ou Windows 10 IoT, démarrant depuis une carte micro-SD. Cet ordinateur est particulièrement apprécié pour sa flexibilité et sa capacité à gérer divers projets, de l'éducation à la domotique, en passant par le développement de prototypes, grâce à sa facilité de connexion et son adaptabilité en termes de logiciels [30].



Figure III.1: Raspberry pi 3 Model B

b. Caractéristiques du Raspberry Pi 3 modele B :

La carte électronique Raspberry Pi 3 Model B possède les caractéristiques suivantes :

-Processeur ARM Cortex A-53 quatre cœurs de 64-bit cadencé à 1,2 Ghz

Chapitre III: Conception et réalisation de notre système de détection de la fatigue

- 1 Go de RAM (SDRAM)
- Un contrôleur vidéo Broadcom VideoCore IV
- 4 ports USB 2.0
- Un port HDMI
- Un connecteur Jack 3,5 mm / sortie composite
- Une prise Ethernet 10 / 100 Mbps
- WIFI 802.11n
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- 40 pins GPIO
- Une interface de caméra (CSI)
- Une interface d'affichage (DSI)
- Un emplacement de carte micro SD
- Alimentation 5V par micro USB

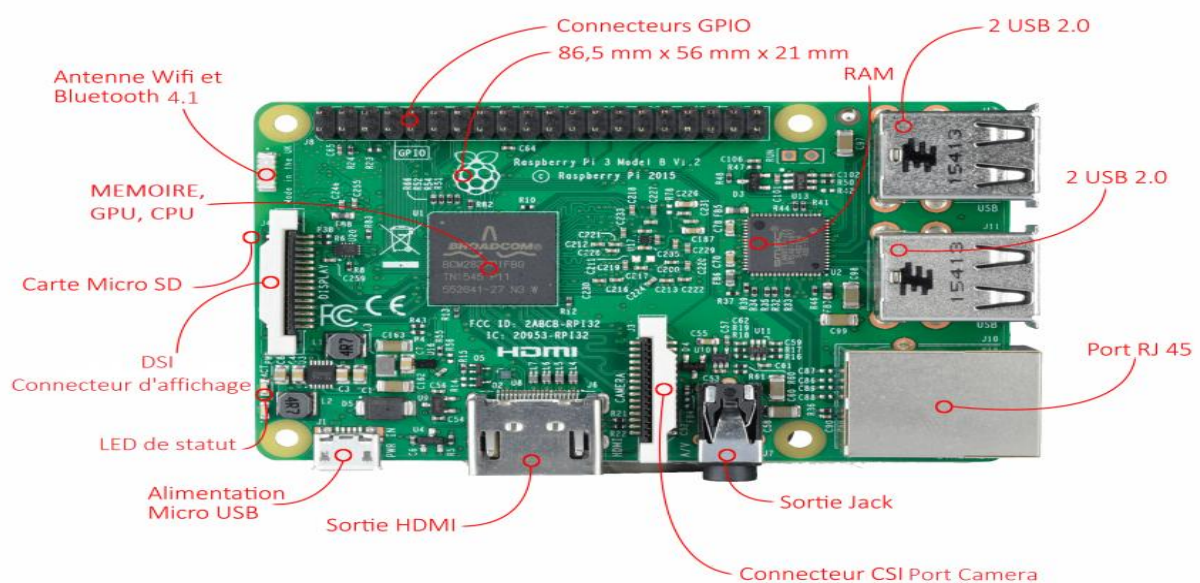


Figure III.2 : Emplacement des différents composants du Raspberry Pi 3 Modèle B

C. Accessoires utilisé du Raspberry Pi :

➤ Alimentation

L'alimentation du Raspberry Pi se fait à travers une tension de 5 volts, et sa consommation d'énergie peut monter jusqu'à 1,8 ampère, dépendant des opérations qu'il effectue. Généralement, cette énergie est apportée par un connecteur micro USB situé sur un des côtés de la carte. Pour alimenter le Raspberry Pi, un chargeur de smartphone avec un connecteur micro USB, qui fournit 5 volts et au moins 1,8 ampère, est parfaitement adapté [30].

➤ GPIO :

Le Raspberry Pi 3 modèle B est équipé de 40 broches GPIO (General Purpose Input/Output), facilitant la connexion à divers composants électroniques externes, comme des capteurs, des actionneurs, et divers modules d'extension. Cette fonctionnalité rend la carte particulièrement adaptée à l'intégration et au développement de projets électroniques personnalisés.

Raspberry Pi GPIO Header				
Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	Red	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)	Blue	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)	Black	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	Green	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	Orange	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	Black	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	Green	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	Black	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	Green	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	Red	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	Black	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	Purple	(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground	Purple	(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (PC ID EEPROM)	Yellow	(PC ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05	Black	Ground	30
31	GPIO06	Green	GPIO12	32
33	GPIO13	Black	Ground	34
35	GPIO19	Green	GPIO16	36
37	GPIO26	Green	GPIO20	38
39	Ground	Black	GPIO21	40

Figure III.3 : Ports GPIO

➤ **Carte microSD :**

Sur la Raspberry Pi 3 modèle B, une carte microSD est utilisée comme support principal de stockage, permettant d'installer et de stocker le système d'exploitation ainsi que les applications nécessaires.

➤ **Les ports USB :**

Les ports USB de la Raspberry Pi sont comme des ports d'accès où vous pouvez brancher des appareils externes, tels que des claviers, des souris, disque dur ou des clés USB. Ils permettent à votre Raspberry Pi de se connecter et de communiquer avec ces appareils pour accomplir différentes tâches.

➤ **Port HDMI :**

La prise HDMI (High Definition Multimedia Interface) sur une carte Raspberry Pi est un connecteur qui permet de transmettre à la fois des signaux vidéo et audio haute définition vers un écran ou un téléviseur compatible HDMI. Elle établit une connexion numérique entre la Raspberry Pi et l'appareil d'affichage, offrant ainsi une qualité d'image et de son supérieure.

III.3.1.2 Module camera :

Une webcam est un dispositif électronique qui capture des images ou des vidéos en direct pour les envoyer à travers un réseau informatique ou sur Internet. Ce périphérique se connecte habituellement à un ordinateur ou un appareil mobile et sert à plusieurs fins, telles que les appels vidéo, les conférences virtuelles, les émissions en direct et l'enregistrement vidéo. Les images obtenues via la webcam sont d'abord traitées pour ajuster la taille, la luminosité, le contraste, ou pour subir d'autres modifications requises. Ces images traitées sont ensuite utilisées comme données d'entrée dans notre projet.



Figure III.4 : Module caméra web.

III.3.1.3 carte ISD1820 :

Ce module vocal ISD1820, équipé d'un microphone intégré et d'un haut-parleur, facilite l'ajout de fonctionnalités d'enregistrement et de lecture vocale à notre projet. Il peut être utilisé directement via ses trois boutons poussoirs ou connecté à un microcontrôleur. Le module est compatible avec tout haut-parleur de 8 Ohms. Grâce à sa mémoire non volatile, les enregistrements sur l'ISD1820 sont conservés même sans alimentation. Il permet l'enregistrement d'un seul message vocal, d'une durée maximale de 10 secondes, stocké dans une mémoire flash analogique spécifique qui maintient l'enregistrement même en cas de coupure de courant [31].

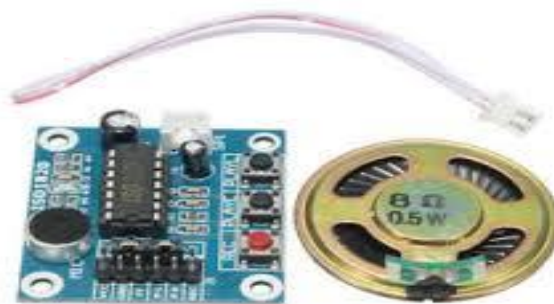


Figure III.5 : Module ISD1820

-Caractéristiques de module ISD1820 :

- Tension d'alimentation : 3 ~ 5 V
- Puce : ISD1820
- Haut-parleur : 8Ω, 0,5W
- Voix naturelle et de haute qualité restaurée
- Avec fonction de lecture en boucle, de jogging et de lecture en un seul passage
- Contrôle à puce unique disponible
- Bouton REC : bouton d'enregistrement, vous pouvez appuyer et maintenir l'enregistrement, relâcher le bouton pour arrêter l'enregistrement.
- Touche RLAYE : lecture en mode déclenchement, la pression jouera tout ce discours
- Touche PLAYL : lecture en mode JOG, appuyez et maintenez jusqu'à la lecture, relâchez pour arrêter la lecture
- RPL Jumper : contrôle du mode boucle, lecture en boucle
- FT Jumper : contrôle direct, la voix du microphone via le haut-parleur peut être lue [31].



Figure III.6 : Caractéristiques d'ISD1820

III.3.1.4 Autres Composants :

Nous allons utiliser d'autres composants électroniques dans notre système de détection de fatigue chez le conducteur, tels que le clavier, la souris, l'écran et un câble HDMI pour vérifier le fonctionnement de notre système, ainsi qu'un chargeur pour l'alimentation de la carte Raspberry.

III.2.2 Conception logicielle :

Nous présentons ci-dessous les logiciels nécessaires pour programmer notre système de détection de fatigue pour le conducteur. Ce système est principalement développé en Python, complété par autres bibliothèques utiles à sa réalisation.

III.2.2.1 L'organigramme de système de détection de fatigue chez le conducteur :

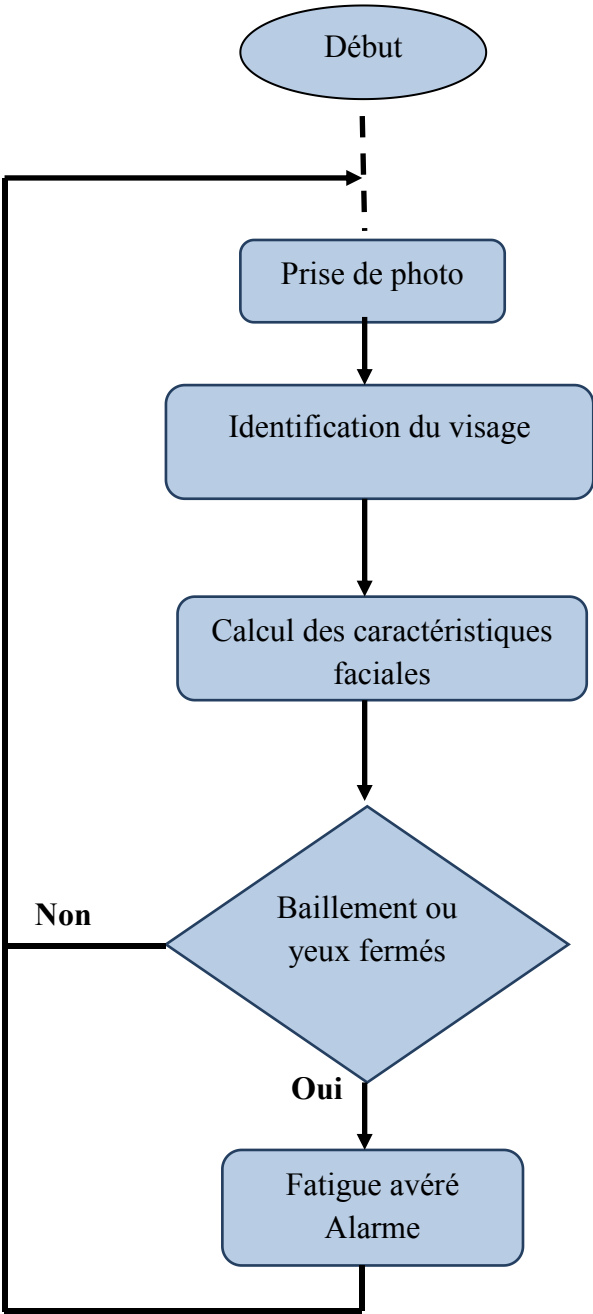


Figure III.7 : L'organigramme de détection de la fatigue.

III.2.2.2 Environnement :

a. Raspberry Pi OS (anciennement Raspbian) :

Le système d'exploitation officiel que nous utilisons pour exécuter nos applications est spécialement conçu pour les Raspberry Pi.

Basé sur Debian Linux, ce système d'exploitation est hautement optimisé pour les ordinateurs mono-cartes de la gamme Raspberry Pi, équipés de processeurs ARM. Il est compatible avec presque tous les modèles de Raspberry Pi.

b. Visual Studio Code (VSCode):

C'est un éditeur de code source léger et performant développé par Microsoft. Avec son interface utilisateur interactive et agréable, VSCode offre de nombreuses fonctionnalités d'assistance et une vaste gamme d'extensions. Il prend en charge une grande variété de langages de programmation, y compris Python, que nous avons choisi pour notre projet.

III.2.2.3 Langage de programmation:

a. Python :

Python est actuellement le langage de programmation open source le plus utilisé par les développeurs. Il est devenu indispensable dans des domaines tels que la gestion d'infrastructures, l'analyse de données et le développement logiciel. Une de ses principales qualités est de permettre aux développeurs de se concentrer sur leurs objectifs plutôt que sur la méthode à employer, libérant ainsi du temps précédemment perdu à gérer les contraintes syntaxiques des langages plus anciens. Cela rend le développement en Python nettement plus rapide par rapport à d'autres langages. De plus, sa facilité d'apprentissage en fait un choix idéal pour les débutants [32].

III.2.2.4 Bibliothèques utilisées :

a. OpenCV (Open Source Computer Vision):

OpenCV est une bibliothèque open source spécialisée dans le traitement et l'analyse d'images et de vidéos. Elle offre des interfaces pour les principaux langages de programmation tels que C, C++, Java, C# et Python, permettant ainsi de traiter des images et des vidéos pour détecter des objets, des visages et même de reconnaître l'écriture manuscrite d'une personne [33]. OpenCV propose à la fois des API de bas niveau et de haut niveau, ainsi qu'une prise en charge de la programmation parallèle. OpenCV s'installe avec la commande : **pip install opencv-contrib-python**.

Les principales fonctions d'OpenCV incluent :

- Manipulation et acquisition de vidéos.
- Manipulation d'image (chargement, sauvegarde, copie, conversion...).
- Structures de données utilitaires variées (listes, files, ensembles, graphes...).
- Manipulation de matrices et algèbre linéaire.
- Analyse d'images (composantes connexes, ajustement de primitives, transformée en distance...).
- Traitement d'images (filtrage, détection de discontinuités, morphologie mathématique...).
- Reconnaissance de formes (modèles de Markov, ACP...).
- Interface graphique (affichage d'images, de vidéos, gestion des événements...).
- Vision (calibrage de caméra, stéréovision...).

b. DLIB :

Il s'agit d'une boîte à outils moderne en C++ (avec un excellent support pour Python, le langage que nous avons utilisé) qui comprend des algorithmes d'apprentissage automatique et des outils adaptés à diverses applications, allant des dispositifs embarqués aux environnements de calcul haute performance. La commande pour installer la bibliothèque est : **pip install dlib**.

c. Numpy :

C'est une bibliothèque qui permet d'effectuer des calculs numériques avec Python. Elle offre une gestion facilitée des tableaux de nombres et inclut des fonctions sophistiquées comme la diffusion. Numpy peut également être intégrée avec du code en C/C++ et Fortran, ce qui la rend très versatile pour les développements scientifiques et techniques.

d. Imutils :

Cette bibliothèque propose une série de fonctions pratiques destinées à simplifier les opérations de base de traitement d'images, telles que la translation, la rotation, le redimensionnement, la squelettisation, et l'affichage d'images. Imutils facilite l'intégration entre Matplotlib et OpenCV, rendant l'affichage et la manipulation d'images plus accessibles.

III.3 Réalisation et tests :

Dans cette partie, nous donnons le principe de fonctionnement de notre application, ainsi que sa réalisation. Pour mettre en évidence ce fonctionnement, nous avons élaboré un organigramme global pour notre système. Dans un second temps, pour vérifier la fiabilité de l'application, nous avons réalisé un ensemble de tests

III.3.1 Synoptique de système :

Notre système de détection de fatigue est illustré par le schéma synoptique suivant :

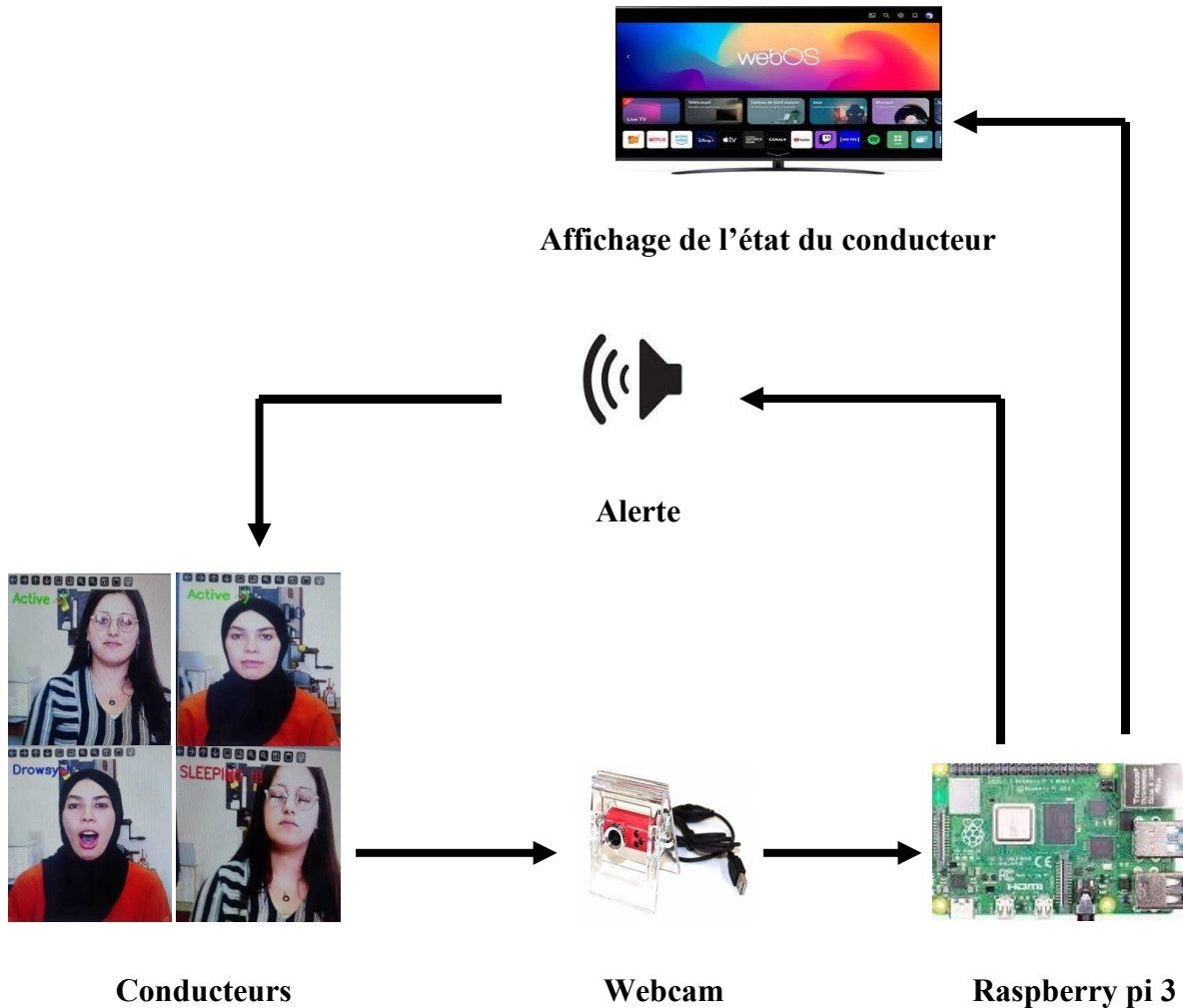


Figure III.8 : Synoptique du système.

Notre système est constitué d'une Raspberry Pi 3 model B, une caméra et un haut-parleur. Dans un premier temps, la caméra qui est placée en face du conducteur permet d'acquérir des images en temps réel. Ensuite, un procédé de traitement d'image pour la détection de la somnolence est lancé via la carte de traitement (Raspberry), une alerte est déclenchée dès que un état de fatigue est détecté.

Chapitre III: Conception et réalisation de notre système de détection de la fatigue

Ainsi, si le système détecte la fermeture des yeux ou l'ouverture de la bouche plus de 5 secondes, le message (sleeping), est affiché à l'écran et une alerte est lancée sous forme d'un message vocale qui répète la phrase « Attention! Tu ne peux pas conduire ». Cette alarme s'arrête dès que le conducteur revient à l'état actif.

III.3.2 Montage de système :

Le schéma de câblage du système réaliser est représenté dans la figure ci-dessous :

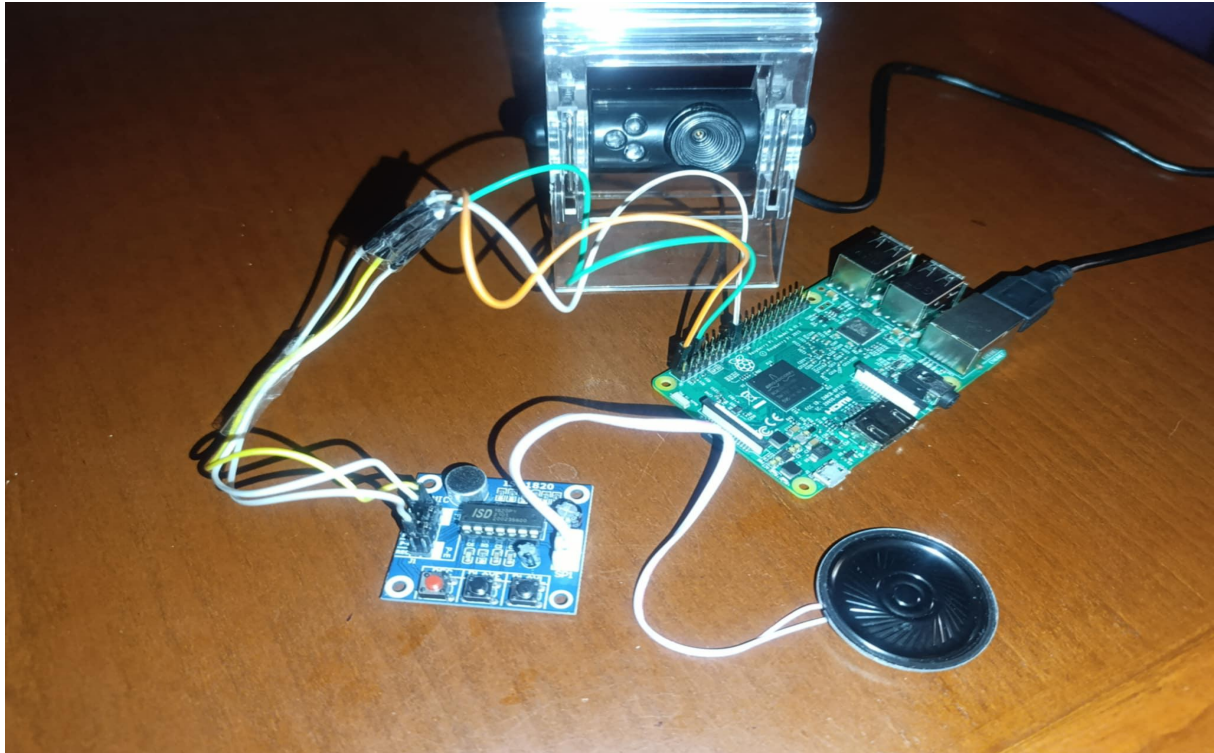


Figure III.9 : Montage de système.

III.3.3 Tests et résultats :

Pour évaluer notre système, nous l'avons testé dans deux cas différents. Dans le premier cas, nous avons observé le conducteur dans son état naturel, c'est-à-dire sans équipement particulier. Dans le deuxième cas, nous avons évalué le conducteur portant des lunettes. Nous avons considéré différents états : le conducteur dans l'état normal, le conducteur entrain de fermer ses yeux (Détection des yeux) et le conducteur entrain de bâiller (détection de bâillement).

III.3.3.1 Le conducteur dans un état normal :

a. Sans accessoire :



Figure III.10 : Résultat du test d'un conducteur dans l'état normal sans accessoire.

b. Avec accessoire :



Figure III.11 : Résultat du test d'un conducteur dans l'état normal avec accessoire.

III.3.3.2 Le conducteur dans état fatigué (detection des yeux et baillemt) :

a. Sans accessoire :



Figure III.12 : Résultat du test d'un conducteur dans l'état de fatigue sans accessoire.

b. Avec accessoire :

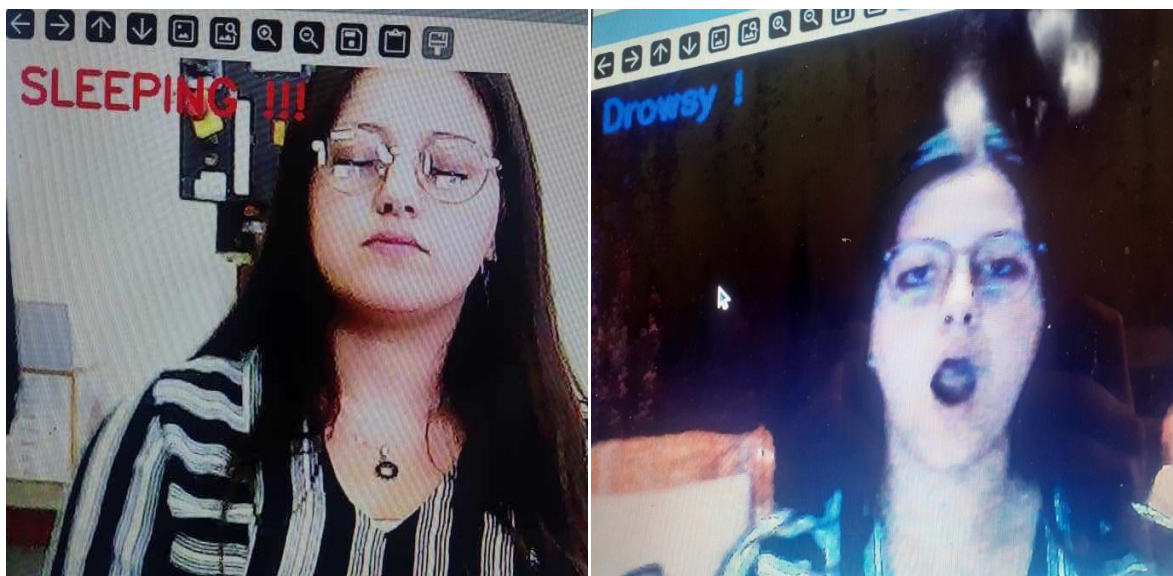


Figure III.13 : Résultat du test d'un conducteur dans l'état de fatigue avec accessoire.

Résultats :

Les résultats des tests de détection de fatigue, basés sur l'analyse de l'état des yeux et de la bouche, ont été prometteurs. En utilisant des images collectées lors des tests, notamment avec et sans le port de lunettes, nous avons pu évaluer le bon fonctionnement du système réalisé. Les résultats ont montré que notre réalisation détecte correctement les différents états.

Notre système permet non seulement de détecter précocement les signes de fatigue mais aussi de déclencher une alerte pour prévenir le conducteur. Ces tests ont confirmé faisabilité et l'efficacité de notre système embarqué.

III.4 Discussion :

Ce chapitre est dédié à la présentation du matériel et du logiciel du système de détection de fatigue chez les conducteurs, nous avons donné un aperçu général de l'ensemble des équipements utilisés. Nous avons ensuite décrit en détail les différents composants matériels et leurs caractéristiques. De plus, nous avons présenté les logiciels et les bibliothèques utilisées. Enfin, nous avons abordé l'intégration de ces éléments dans un système fonctionnel, ainsi que la réalisation de tests et d'ajustements nécessaires pour garantir son efficacité.

Conclusion

Conclusion :

Dans le cadre de ce travail, nous avons conçu et réalisé un système qui permet de détecter la fatigue chez le conducteur automobile et de l'alerter afin d'éviter tout risque d'accidents. Pour ce faire, nous avons utilisé une carte Raspberry Pi 3, une caméra et un haut-parleur, nous avons élaboré un organigramme de fonctionnement que nous avons implémenté dans cette carte.

Pour vérifier la fiabilité de notre système, nous avons effectué un ensemble des tests. Nous avons traité deux situations, à savoir situation de fatigue et situation normale. Pour bien prendre en considération différents cas possibles, le conducteur a été testé avec et sans lunettes. Ces tests ont montré que le système a bien détecté tous les cas aussi bien des situations de fatigue que les situations normales, ceci montre que notre système fonctionne correctement.

Comme perspectives de ce travail, il est intéressant d'utiliser des systèmes embarqués plus puissants, comme la carte Raspberry Pi 4 ou bien le Jetson Nano qui intègre un GPIO suffisamment performant pour exécuter des applications de Deeplearning et une caméra vidéo infrarouge qui pourrait être utilisée pour aider à identifier les yeux durant la nuit ou dans un environnement à faible luminosité si le conducteur porte des lunettes de soleil.

Bibliographie

Bibliographie :

- [1] Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde, ISBN 78 92 4 256384 9. Genève, 298 p.
- [2] Etude statistique sur les accidents de la route en Algérie, 162 p
- [3] Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde, ISBN 78 92 4 256384 9. Genève, 298 p.
- [4] Ordonnance N° 09-03 du 22 juillet 2009 modifiant et complétant la loi correspondant au 19 août 2001 relative à l'organisation, la sécurité et la police de la circulation routière, N°45, pp.4-12
- [5] https://www.p3a-algerie.org/wp-content/uploads/2017/04/Lettre_P3A_34.pdf
- [6] Le siècle de la voiture intelligente. Edition MINES ParisTech, 2009.
- [7] J. Song, a. Kim et K. Boo, «A study on an anti-lock braking system controller and rear-wheel controller to enhance vehicle lateral stability,» Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D : Journal of Automobile Engineering, vol. 221, n° %17, p. 777–787, 2007.
- [8] R. Sferco, Y. Page, J.-Y. L. Coz et P. Fay, «Potential effectiveness of electronic stability programs (esp)–what european field studies tell us,» in Proceeding of 17 th ESV Conference. Amsterdam, The Netherlands, 2001.
- [9] M. Aga et A. Okada, «Analysis of vehicle stability control (vsc)'s effectiveness from,» in Proceedings of the 18 th ESV Conference, paper, 2003.
- [10] A. T. VanZanten, «Evolution of electronic control systems for improving the vehicle dynamic behavior,» in Proceedings of the 6th International Symposium on Advanced Vehicle Control, vol. 2, p. 9, 2002
- [11] NADINE FILION, «guideautoweb,» 07 01 2018. [En ligne]. Available: <https://www.guideautoweb.com/articles/11403/le-regulateur-de-vitesse-a-utiliser-avec-moderation/>. [Accès le 29 06 2021].

- [12] H. Tan, F. Zhao, H. Hao, Z. Liu, A. A. Amer et H. Babiker, «Automatic Emergency Braking (AEB) System Impact on Fatality and Injury Reduction in China,» International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, n° 13, p. 917, 2020.
- [13] «Volvo City Safety loss experience – a long-term update,» Highway Loss Data Institute, vol. 32, n° 11, pp. 1-24, 2015.
- [14] M. DOYLE, A. EDWARDS et M. AVERY, «AEB real world validation using UK motor insurance claims data,» In Proceedings of the 24th ESV Conference, pp. 13-58, 2015
- [15] SAE, «Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems,» SAE Standard J3016, p. 01–16, 2014.
- [16] <https://www.astra.admin.ch/astra/fr/home/themes/intelligente-mobilitaet/stufen-der-automatisierung.html#>
- [17] FOAHOM GOUABOU Arthur Cartel, NGWA Leslie NGWA, mémoire Master, « Conception d'un système d'aide à la conduite pour véhicule tourisme(Anticollision)», l'université de Douala, guénie, 2017
- [18] <https://www.actiroute.com/formation-risques-routiers/fatigue-au-volant>
- [19] Tzyy-Ping Jung, Colin Humphries, Te-Won Lee, Scott Makeig, Martin McKeown, Vicente Iragui, and Terrence J Sejnowski. Extended ica removes artifacts from electroencephalographic recordings. Advances in neural information processing systems, 10, 1997.
- [20] DebasishKalita. An overview and applications of artificial neural networks, 2022. URL <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/03/an-overview-and-applications-of-artificial-neural-networks-ann/>.
- [21] David Jonathan Wild, Gaze Tracking Using A Regular Web Camera, Bachelor of Science, Rhodes University, South Africa, November 2012
- [22] Serena Raju, « yawn-eye-dataset-new », Kaggle,2020,[online],disponible : [/https://www.kaggle.com/datasets/serenaraju/yawn-eye-dataset-new](https://www.kaggle.com/datasets/serenaraju/yawn-eye-dataset-new) consulter le : 21/03/2023

- [23] F. KRIEF, «Les systèmes embarqués communicants : mobilité, sécurité, autonomie».
- [24] S.RAMLA, «Diagnosticabilité modulaire appliquées au Diagnostic en ligne Des Systèmes Embarqués,» Thèse de Doctorat, L'ENSI- Ecole Centrale de Lille, Lille, France, 2013
- [25] W.Theurer, «Une méthodologie de modélisation multi-modèles distribuée par Métier pour les systèmes embarqués,» Thèse de Doctorat, ENSAE de Toulouse, Toulouse, France, 2006.
- [26] I.STURDIA, «Détection d'intrusion pour des réseaux embarqués automobiles : Une approche orientée langage,» thèse de doctorat, l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2015.
- [27]<https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur>
- [28] https://ecoinfo.cnrs.fr/wpcontent/uploads/2017/01/temperature_ecoinfo_20170316.pdf
- [29] NVIDIA Jetson Nano : tout sur la carte de développement | Hardware libre (hwlibre.com)
- [30] SIMON MONK (2014) Programmer un Raspberry Pi pltm : initiation avec python, page1. DUNOD, Paris
- [31] <https://dali-keyelectronics.tn/product/isd1820-carte-de-module-enregistrement- sonore-avec-microphone-integre/>
- [32] <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445304-python-definition-et-utilisation-de-ce-langage-informatique/>
- [33] <https://www.spiceworks.com/tech/networking/articles/what-is-raspberry-pi/>