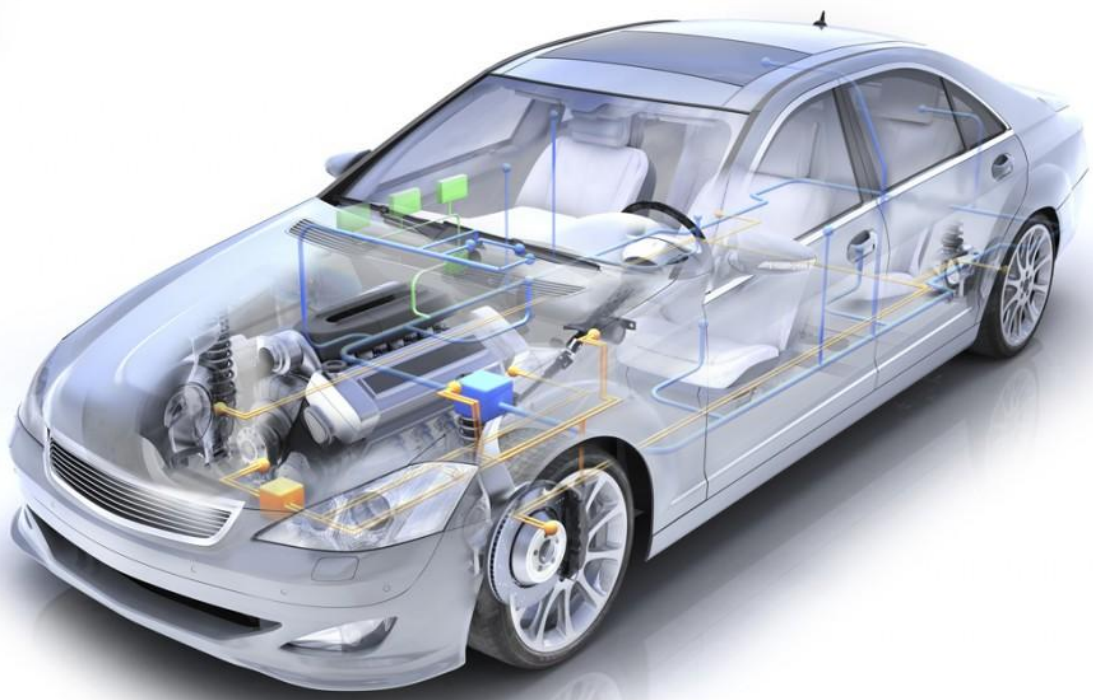


Les capteurs embarqués sur le Véhicule
intelligent



Etudiants :

Meryll SCERRI

Anne-Cécile GRYSO

Bruno CARTERON

Laura LACASSAGNE

Nicolas GALIPOT

Antoine CARTON

Enseignant-responsable du projet :

Abdelaziz BENSRAIR

Date de remise du rapport : 18/06/10

Référence du projet : STPI/P6-3/2010 – 043

Intitulé du projet : *Les capteurs embarqués sur le Véhicule intelligent*

Type de projet : *Veille technologique*

Objectifs du projet :

Ce projet vise à faire un état de l'art concernant les différents capteurs embarqués dans un véhicule, de manière à expliquer le fonctionnement des différentes techniques utilisées pour permettre à un véhicule de devenir le plus intelligent possible, en axant principalement les recherches sur les méthodes actuelles et non futures.

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	7
2.	Méthodologie / Organisation du travail	7
3.	Travail réalisé et résultats	8
3.1.	GPS et cartographie.....	8
3.1.1.	GPS (Global Positioning System).....	8
3.1.2.	Cartographie	9
3.2.	La stéréovision	10
3.2.1.	Introduction à la stéréovision.....	10
3.2.2.	Principe de la stéréovision	10
3.2.3.	Calibration.....	12
3.2.4.	Extraction d'informations pertinentes.....	13
3.2.5.	Mise en correspondance des primitives : Matching	16
3.2.6.	Construction de carte 3D.....	17
3.2.7.	Conclusion	18
3.3.	L'ABS (Anti-lock Braking System)	19
3.3.1.	Problématique.....	19
3.3.2.	Fonctionnement de l'ABS.....	20
3.3.2.1.	Le freinage à tambours.....	20
3.3.3.	Principe de fonctionnement du groupe hydraulique.....	22
3.4.	Le régulateur de vitesse adaptatif.....	23
3.4.1.	Rappels sur le régulateur de vitesse	23
3.4.2.	Fonctionnement	24
3.4.3.	Avantages	25
3.4.4.	Limites	25
3.5.	Les phares adaptatifs	25
3.5.1.	Adaptive Braking Light (ABL)	26
3.5.2.	Adaptive Forward Lighting (AFL).....	26
3.5.3.	Automatic Lighting Control (ALC)	27
3.5.4.	Eclairage Porte-à-Porte.....	27
3.5.5.	Fonction Trouver-ma-Voiture.....	27

- 3.5.6. Phares bi-halogène27
- 3.5.7. Phares bi-xénon27
- 3.5.8. Régulateur automatique de portée des projecteurs27
- 3.5.9. Rétroviseur photochrome27
- 3.5.10. Système de lave-phares28
- 3.5.11. Comparaison des types d'ampoules28
- 3.6. L'eCall29
 - 3.6.1. Qu'est-ce que l'eCall ?29
 - 3.6.2. Fonctionnement29
- L'eCall s'active de deux manières :29
 - 3.6.3. Objectifs29
- 3.7. L'EBS (Electronic Braking System)30
 - 3.7.1. Qu'est-ce que l'EBS ?30
 - 3.7.2. Composition30
- 3.8. L'ESP ou ESC (Electronic Stability Control)30
 - 3.8.1. Qu'est-ce que l'ESP?30
 - 3.8.2. Fonctionnement31
 - 3.8.3. Objectifs31
- 3.9. Le système de trajectoire latérale32
 - 3.9.1. La méthode de convolution32
 - 3.9.2. Critères géométriques33
 - 3.9.3. La méthode algorithmique34
 - 3.9.4. Cas des routes sans marquages35
- 3.10. Les systèmes de vision nocturne36
- 3.11. Détection d'angle mort / Assistance de changement de bande38
 - 3.11.1. La caméra38
 - 3.11.2. Le radar38
- 3.12. Le système d'alerte en cas d'altération des facultés du conducteur39
 - 3.12.1. Analyse du conducteur40
 - 3.12.2. Analyse du véhicule40
- 3.13. Gestion dynamique du trafic41
 - 3.13.1. Gestion dynamique des voies de circulation41
 - 3.13.2. Régulation dynamique des accès et des vitesses42
- 3.14. Reconnaissance des panneaux de signalisation43
 - 3.14.1. La détection44
 - 3.14.2. La reconnaissance45
 - 3.14.3. L'intégration temporelle45



3.15. Assistant de feux de signalisation.....	45
3.16. Adaptation intelligente de vitesse (ISA)	46
3.16.1. Les systèmes basés sur le GPS	47
3.16.2. Les balises radio.....	47
3.16.3. Les défauts de l'ISA.....	48
4. Conclusions et perspectives.....	49
5. Bibliographie	50



1. INTRODUCTION

Au début du siècle dernier, on imaginait la voiture de l'an 2000 comme une bulle de verre volant à travers les cieux. Nous sommes en 2010, les voitures sont devenues plus lumineuses, mais elles ont toujours quatre roues et elles ne sont pas prêtes à quitter le plancher des vaches pour prendre la voie des airs. Aujourd'hui, 80 % des accidents de la route sont dus à des erreurs humaines. C'est pour cela que les ingénieurs travaillent sur des aides à la conduite pour améliorer la sécurité des passagers et ainsi arriver à une voiture intelligente, véhicule automobile utilisant l'électronique, l'informatique ou encore la télécommunication, afin de faciliter la conduite et d'accroître la sécurité.

On verra que le but de la voiture intelligente n'est pas que sécuritaire elle peut contribuer à :

- rendre les systèmes de transport plus efficaces;
- rationaliser l'utilisation du carburant;
- fournir au conducteur des informations en temps réel sur le réseau routier pour éviter les embouteillages;
- permettre à l'automobiliste d'optimiser un trajet.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Au cours de ce projet, il nous a parut nécessaire de définir un chef de groupe, Antoine Carton, qui à principalement été l'intermédiaire entre Mr. Bensrhair et le groupe. Par exemple, lorsque nous manquions de ressources pour faire évoluer le projet, Mr. Bensrhair a pu nous fournir des thèses qui restent à l'heure actuelle une des plus précieuses sources d'information dans ce type de projet. Le chef de groupe se chargeait donc par exemple de transmettre les informations en question aux personnes concernées par ces thèses. Lors des premières séances, nous avons cherché les différents capteurs embarqués existant à bord d'un véhicule intelligent puis, nous nous sommes ensuite répartis entre nous les différents capteurs voire systèmes.

A partir de là, chaque personne du groupe était dans la capacité d'effectuer un état de l'art concernant les capteurs. Nous présentions ensuite, à chaque séance, nos recherches à Mr. Bensrhair qui était alors en mesure de voir l'évolution du projet et de nous aiguiller selon son avancement, c'est-à-dire nous faire part des différentes pistes que nous avions omises par exemple.

Vers mi-mars, nous avons effectué une présentation orale montrant ainsi l'avancement du dossier. Pour cela, chaque personne du groupe avait réalisé son power-point, le tout fut ensuite rassemblé par le chef de groupe en vue de la présentation.

A l'issue de cette présentation, nous avons continué notre état de l'art en ajoutant les informations récemment découvertes pour ainsi compléter notre bagage sur les différents capteurs. La rédaction du dossier fut alors possible et c'est ainsi que nous nous sommes répartis les différentes parties du rapport à savoir introduction, conclusion, mise en page, etc.

Nous nous sommes finalement réunis pour vérifier l'intégrité du dossier et faire le power-point pour la présentation finale.



3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

3.1. GPS et cartographie

3.1.1. GPS (Global Positioning System)

3.1.1.1. **But**

Le géo-positionnement par satellite est utilisé dans de nombreux secteurs dont la navigation maritime et routière, la localisation de camions, la randonnée, etc. Mais ce système possède plusieurs intérêts outre le fait de mener un conducteur à destination. En effet, il permet par exemple de communiquer la position des véhicules accidentés comme par exemple avec le système eCall dont nous verrons la description un peu plus loin.

Le positionnement par satellite permet donc à un véhicule de se situer dans l'espace, dans un but « ultime » : le rendre autonome et donc « intelligent ». Mais le fait de communiquer des données aux humains ne permet pas tout à fait de parler d'intelligence. En effet, il faudrait aussi que le véhicule puisse communiquer avec d'autres véhicules par exemple.

3.1.1.2. **Principe de fonctionnement**

Tout d'abord, le GPS comprend :

- un ensemble de satellites qui tournent autour de la planète (le segment spatial)
- un ensemble de stations au sol (stations de contrôle et de poursuite au sol)
- des récepteurs GPS passifs

Le **segment spatial** est constitué de 31 satellites à 20.000 km d'altitude de manière à assurer à tout moment la réception au sol d'un maximum de signaux en provenance des satellites.

Les **stations de contrôle** ont un triple rôle :

- Observer les dérives des satellites par rapport à leur orbite nominale
- Calculer le biais des horloges atomiques des satellites qui dérivent légèrement de l'ordre de 0.1ms par an par rapport à l'horloge de référence de l'observatoire de la NASA

Il est important de noter que si l'horloge d'un satellite est fautive de 0,1ms, la mesure de distance est fautive de 30km !

- Mettre à jour les coefficients atmosphériques utilisés par le récepteur pour calculer la distance à partir du temps de propagation.

Ces 3 informations (paramètres orbitaux, biais de l'horloge du satellite et coefficients atmosphériques) sont périodiquement réactualisées (toutes les 30s) et transmises aux satellites qui les réémettent vers les récepteurs dans le message de navigation.

Les **récepteurs** sont constitués d'un récepteur radio, d'une horloge et d'un processeur.

Le récepteur GPS se positionne en mesurant les distances qui le séparent des satellites. Il faut 3 satellites pour calculer les coordonnées du récepteur. Or, comme les distances sont calculées à partir de la mesure des temps de propagation satellites-récepteur, il faut 4 satellites.



Utiliser des informations en provenance de cartes digitalisées ou bien des informations géolocalisées en liaison avec les systèmes avancés d'assistance aux conducteurs apporte de nombreux avantages. Le but recherché est d'utiliser les cartes embarquées comme un capteur plus ou moins de la même façon qu'un capteur radar est utilisé pour détecter les autres véhicules par exemple.

Les capteurs couplés à une carte permettront aux systèmes de sécurité d'anticiper la position du véhicule quelques secondes avant et donc l'information qui en découlera pourra alors être directement utilisée par les systèmes avancés d'assistance au conducteur avec d'autres sources d'information, permettant alors d'améliorer le temps de détection et de réponse à un danger.

Pour connaître la position d'un utilisateur, il faut donc déterminer ses coordonnées (x,y,z) ainsi que le biais de son horloge (τ), soit au total 4 inconnues (d'où la nécessité de 4 satellites).

Supposons qu'un satellite S émette un signal à un instant t_1 :

- Ce signal parvient au récepteur R à un instant t_2
- La distance satellite-récepteur est $d(S,R) = c.(t_2-t_1)$, avec c la célérité de la lumière.
- Or, l'horloge du satellite étant biaisée, l'heure de réception mesurée est $(t_2 - \tau)$
- La distance mesurée est $d_i = d(S,R) + c. \tau$
- Le récepteur doit donc résoudre le système suivant :

$$\begin{cases} \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} + c.\tau = d_1 \\ \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2} + c.\tau = d_2 \\ \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2} + c.\tau = d_3 \\ \sqrt{(x-x_4)^2 + (y-y_4)^2 + (z-z_4)^2} + c.\tau = d_4 \end{cases}$$

Avec x, y, z et τ les inconnues et d_1, d_2, d_3 et d_4 les pseudo-distances mesurées par le récepteur.

3.1.2. Cartographie

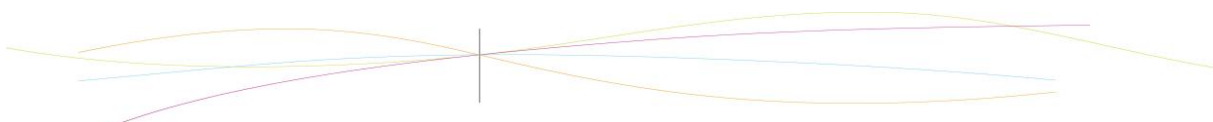
La cartographie désigne la réalisation et l'étude des cartes. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace réel.

Ces cartes sont d'une importance extrême puisque sans celles-ci, les satellites et les GPS deviennent inutiles, car sans cartes, il est impossible de se repérer.

La combinaison de la cartographie et des GPS permet à un véhicule d'être intelligent. On peut notamment citer la limitation de vitesse qui est un facteur important dans les accidents de la route.

Le véhicule intelligent se doit donc d'assurer la sécurité que ce soit envers le conducteur ou les personnes extérieures comme le permet le système français LAVIA dont le fonctionnement type est le suivant :

- La position du véhicule est déterminée grâce au GPS et à des capteurs embarqués comme un odomètre pour mesurer la distance parcourue.
- Cette position est ensuite traitée par un système de navigation embarqué muni d'une



carte digitalisée de la région où se trouve le véhicule.

- Après avoir déterminé la voie empruntée, l'ordinateur de bord peut s'atteler à son dernier objectif : retrouver la vitesse limite autorisée grâce à une base de données embarquée.

Un capteur cartographique est l'ensemble d'une base de données cartographique couplée à un GPS. Ils peuvent fournir des informations statiques relatives à la route, à l'environnement, à l'infrastructure proche...Par exemple, un capteur cartographique permet de connaître :

- La topologie de la route
- Des informations relatives à la route: type de route, vitesse limite, rayon de courbure...
- Des informations relatives à une position donnée : emplacement des radars, des stations essences...

3.2. La stéréovision

3.2.1. Introduction à la stéréovision

La détection d'obstacle devient de nos jours un élément primordial dans le cadre de l'assistance à la conduite. Pour cela, il est indispensable de mettre au point un système fiable et robuste pouvant détecter toutes sortes d'obstacles présents sur la route et ceux quelque soit les conditions climatiques. En effet, par temps de pluie, de neige, de brouillard ou encore la nuit, les obstacles (piétons, voitures, cycliste, débris, animaux,...) doivent être détecté avec la même fiabilité que dans le cadre d'une situation idéale. Une fois les obstacles détectés un avertisseur sonore ou des systèmes de freinage d'urgence peuvent être mis en place pour aider le conducteur à éviter les accidents ou à en atténuer les conséquences. Nous pouvons citer par exemple l'utilisation d'une fonction complémentaire du régulateur de vitesse adaptatif ou encore l'utilisation d'un système informant préventivement le système de freinage afin qu'il puisse donner toute sa puissance dès que le conducteur appuie sur le frein, ou armer préalablement les airbags ou les prétensionneurs de ceinture de sécurité afin de préparer le véhicule à une collision imminente.

De nos jours, il existe deux méthodes incontournables permettant d'acquérir des images en temps réel : la stéréovision et la télémétrie laser. En général, les systèmes de détection utilisent les deux systèmes combinés. Cependant, nous avons choisi ici de nous focaliser seulement sur la stéréovision.

3.2.2. Principe de la stéréovision

L'objectif de la stéréovision est de reconstituer des images 3D. Plus précisément, la stéréovision permet, en se basant sur le mode de vision de l'homme, de déduire des informations 3D sur la scène à partir de ses projections 2D sur les images. Pour cela le système doit être muni de deux caméras, car un système de vision monoculaire, ne possédant qu'une seule caméra ne permet pas d'obtenir, à priori, des informations tridimensionnelles.

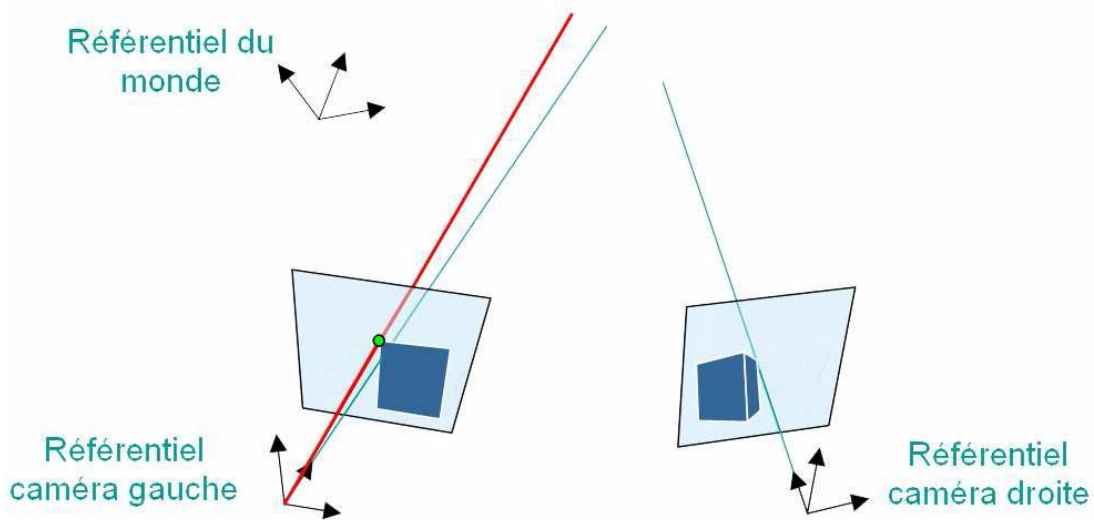


Le capteur de vision stéréoscopique



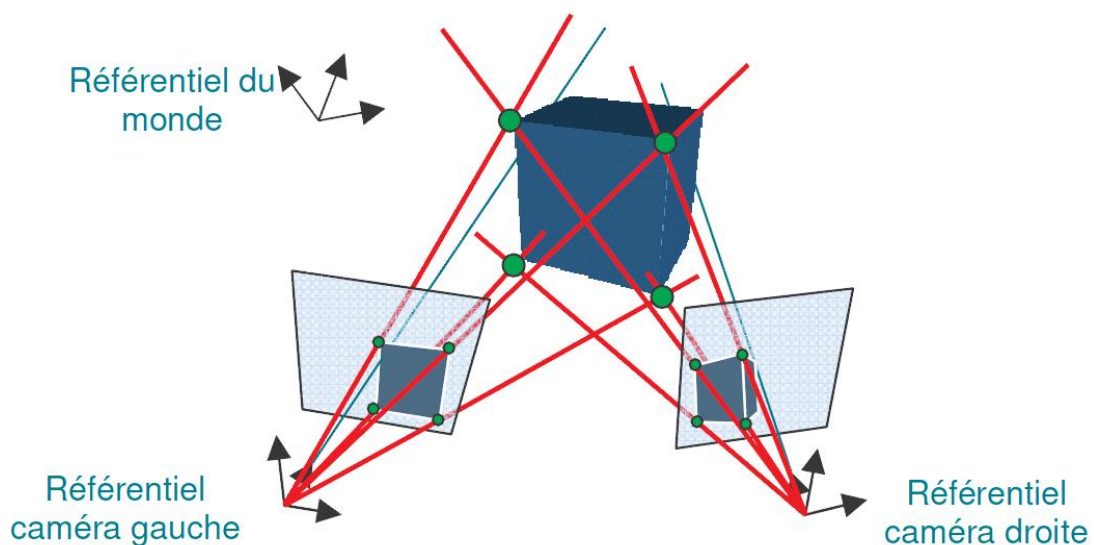
Grâce à ces deux caméras embarquées, on obtient deux images (droite et gauche) d'une même scène, prise selon deux points de vue différents.

Pour un point donné dans l'image de gauche, on obtient une droite 3D passant par ce point et le centre optique de la caméra. Cependant avec cette seule information, il est impossible de retrouver la troisième dimension car avec une seule caméra on obtient juste une droite 3D et il existe une infinité de points se projetant sur ce même point gauche et on ne peut pas déterminer le point 3D correspondant.



En prenant alors en compte l'image de droite correspondante, on retrouve les mêmes points de la même image mais sous une autre vue. On peut alors, pour un même point obtenir deux droites 3D, une obtenue grâce à l'image de droite et l'autre grâce à celle de gauche. A l'intersection de ces deux droites on aura donc le point 3D correspondant.

Il suffit alors de répéter ce processus pour reconstruire l'image 3D observée.



Dans la pratique il est impossible de reconstruire tout les points 3D de l'image, cela prendrai beaucoup trop de temps. C'est pour cela qu'il est indispensable de réduire le nombre d'information pour ne garder que le nécessaire.

La Stéréovision peut alors se décomposer en trois grandes étapes :

- L'extraction d'informations pertinentes des deux images.
- La mise en correspondance de ces primitives.
- Construction de carte 3D ou carte de disparité.

Avant de commencer à expliquer ces trois étapes plus en détails, une 1^{ère} étape est primordiale avant toute extraction d'images. C'est la calibration. Commençons donc dans un premier temps par expliquer cette première étape.

3.2.3. Calibration

L'opération de calibration de caméra revient à modéliser le processus de formation des images, c'est-à-dire de trouver la relation entre les coordonnées spatiales d'un point de l'espace avec le point associé dans l'image prise par la caméra. Cela revient au final à calculer les paramètres intrinsèques et extrinsèques du système de stéréovision.

Les paramètres intrinsèques sont des paramètres qui ne varient pas en fonction de la situation, se sont des paramètres internes à la caméra.

Voici quelques exemples de paramètres intrinsèques:

- La distance focale, f
- Les coordonnées de projection du centre optique de la caméra sur le plan de l'image.
- Les facteurs d'agrandissement de l'image.

Les paramètres extrinsèques quant à eux, sont des paramètres qui peuvent varier suivant la position de la caméra dans l'espace. On peut citer par exemple :

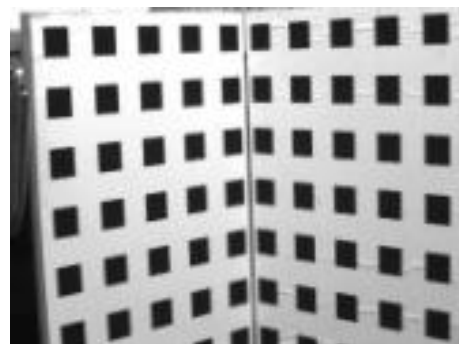
- La matrice de rotation permettant de passer du repère lié à l'espace de travail au repère de la caméra.
- Les composantes du vecteur de translation permettant de passer du repère lié à l'espace de travail au repère lié à la caméra.

Calibrer une caméra revient donc à calculer ses 18 paramètres.

La calibration peut être manuelle ou automatique, on parle alors d'auto-calibration.

Pour calculer les différents paramètres dans le cadre de la calibration manuelle, on utilise une mire dont on connait parfaitement le modèle.

Exemples de mire utilisée :





L'auto-calibration peut être utile lorsque le système doit être calibré en cours d'utilisation ou dans le cas où une mire convenable n'est pas disponible.

3.2.4. Extraction d'informations pertinentes

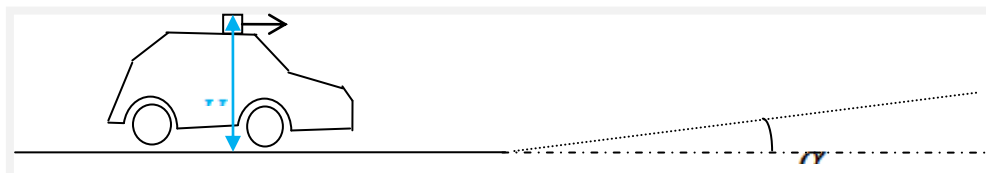
Cette première étape consiste à extraire des primitives sur l'image droite et sur l'image gauche. Ces primitives permettent une réduction du volume des informations traitées et une description du contenu de l'image plus adaptée à son analyse.

Il existe plusieurs méthodes d'extraction. On peut distinguer principalement deux classes : les primitives de type contour et les primitives de type région. Ces méthodes sont souvent combinées pour obtenir des résultats les plus fiables et robuste possibles.

Voici quelques méthodes d'extraction de primitives d'image stéréo.

3.2.4.1. Méthodes d'extraction de primitives de type contour

3.2.4.1.1. Extractions de courbes 3D par seuillage sur la valeur de disparité de ses points 3D



Situation générale



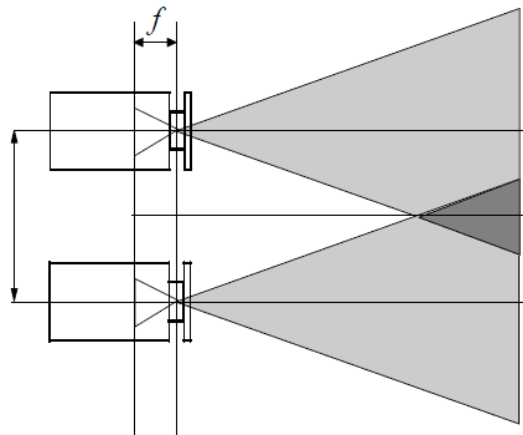


Schéma des deux caméras

Cette méthode utilise le principe des rectifications homographiques. On associe alors à chaque ligne y de l'image une valeur de disparité calculée préalablement que l'on note $\delta_{route}(y)$ où δ_{route} représente la disparité de la route.

δ_{route} est calculé de la manière suivante :

$$\delta_{route} : y \rightarrow \begin{cases} \frac{e \times (p_y \times (y - \frac{h}{2}) \times \cos \alpha + f \times \sin \alpha)}{p_x \times (H - y \times p_y)} & \text{si } y \geq y_{horizon} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec

$$y_{horizon} = (\frac{h}{2} - \frac{f}{p_y} \times \tan \alpha)$$

e : Ecartement entre les deux centres optiques

p_x : Largeur du pixel du capteur CCD

p_y : Hauteur du pixel du capteur CCD

f : Distance focale des objectifs

α : Inclinaison du plan de la route

H : Hauteur du système de stéréovision

$w \times h$: Résolution de l'image

La fonction δ_{route} est utilisée comme fonction seuil. En effet si la valeur de la disparité d'un



point 3D de la ligne y est plus grande que $\delta_{route}(y)$ cela signifie que le point 3D est au dessus de la surface de la route. Les courbes 3D situées au dessus de la surface de la route sont considérées comme appartenant à des obstacles et sont extraites.

Exemple de situation routière :



Image droite



Courbes 3D : les distances sont codées en niveau de gris



Courbe 3D des obstacles extraite (après avoir été comparé à la fonction seuil δ_{route} et superposé sur l'image de droite)

3.2.4.1.2. Extraction de segment 3D par seuillage de leur angle d'inclinaison

Dans un environnement routier on peut approximer des courbes 3D en segments 3D, en effet les environnements routiers et autoroutiers sont des environnements structurés où cette approximation est tout à fait valable. De plus, l'angle d'inclinaison d'un segment 3D par rapport au plan de la route est un indice qui peut être utilisé pour détecter les obstacles. En effet, on observe que si l'angle d'inclinaison d'un segment 3D par rapport à la route, tend vers 0 degré alors le segment 3D appartient au plan de la route (marquage sur la route, bords de la route,...). En revanche si cet angle tend vers 90 degrés, on peut en déduire que le segment 3D est un contour d'obstacle.

Le calcul de l'angle d'inclinaison peut se décomposer en deux étapes.

- La première étape consiste à déterminer le vecteur directeur de la droite qui contient le segment 3D dans le repère du système.
- La deuxième étape consiste à calculer l'angle d'inclinaison d'un segment 3D par rapport au plan de la route en se servant du vecteur directeur déterminé à l'étape précédente.



Segments 3D des obstacles extraits par seuillage de leur angle d'inclinaison.

La valeur seuil de l'angle d'inclinaison est de 17°.



3.2.4.2. Méthodes d'extraction de primitives de type région

Cette seconde classe de primitives est basée sur la recherche des régions homogènes dans l'image. L'image est donc décrite par des ensembles de points possédant certaines propriétés d'homogénéité (niveau de gris, couleur, texture, etc.)

La construction de ces régions peut-être obtenue grâce à une extraction semi-automatique basée sur la segmentation par croissance de région (Zucker, 1976), (Kermad, 1997).

La croissance des régions consiste à prendre un pixel de départ et à intégrer de proche en proche les pixels environnants s'ils respectent les critères d'homogénéité en faisant ainsi croître la région.

3.2.5. Mise en correspondance des primitives : Matching

Une fois que les primitives des deux images (droite et gauche) sont extraites il faut les appairer, c'est le matching. Cette étape est l'une des plus difficiles et est bien sûr loin d'être résolu.

Elle consiste à déterminer si des primitives d'images différentes proviennent d'une même primitive.

La recherche d'appariement est souvent réaliser en fonction des contraintes locales puis globales.

Les contraintes locales jouent le rôle d'un filtre pour ne mettre en jeu, dans le processus de recherche, que les appariements possibles. Elles traduisent les relations qui doivent être vérifiées en utilisant les caractéristiques des points de contours.

Exemple de contraintes locales :

- La contrainte de position : exige qu'un appariement (g,d) n'est possible que si $x_g > x_d$, où s désigne la position des points de contour dans les images gauche et droite.
- La contrainte du signe du gradient : deux points de contour ne forment un appariement possible que s'ils ont le même signe du gradient.

Les contraintes globales constituent le moteur de recherche des bons appariements.

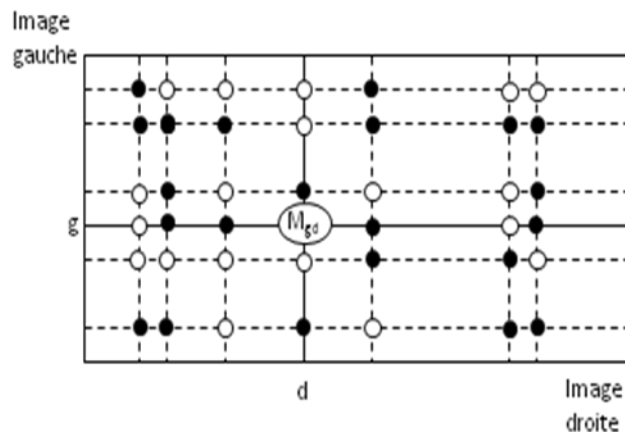
Exemple de contraintes globales :

- La contrainte d'unicité : un point de contour de l'image gauche est apparié avec au plus un point de contour de l'image droite (et inversement).
- La contrainte d'ordre : préserve l'ordre des points de contour appariés dans les deux images ; si un point de contour g de l'image gauche est apparié avec un point de contour d de l'image droite, alors il est impossible pour un point g' de l'image gauche, tel que $x_{g'} < x_g$, d'être apparié avec un point de contour d' de l'image droite tel que $x_{d'} > x_d$.
- La contrainte de continuité de la disparité : renforce les appariements des points de contour voisins qui ont des disparités similaires.



L'étape suivante consiste à créer une matrice de mise en correspondance à partir d'un couple d'image stéréoscopique. Un élément M_{gd} de la matrice représente une possibilité d'appariement entre les points de contour g et d des images gauche et droite. On applique ensuite les contraintes locales puis globales pour éliminer les éléments invalides de la matrice, c'est-à-dire ceux qui représentent des appariements invalides vis-à-vis des contraintes. De plus, à chaque élément M_{gd} de la matrice de mise en correspondances on associe un état EM_{gd} qui représente le degré de compatibilité de l'appariement du point de contour gauche g avec le point de contour droit d .

Sur la figure ci-dessous, les cercles blancs représentent les appariements possibles alors que les cercles noirs représentent les appariements impossibles.



Matrice de mise en correspondance

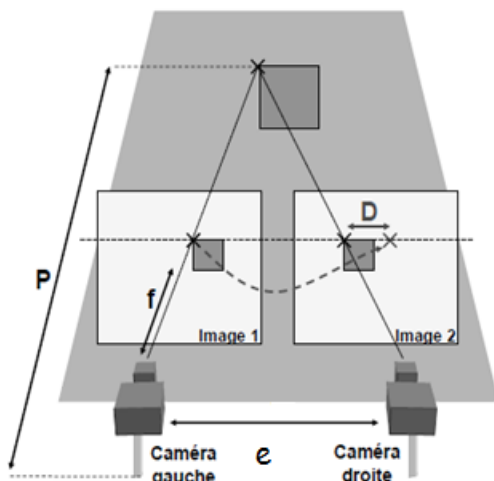
3.2.6. Construction de carte 3D

Une fois les points importants appariés on peut construire la carte de disparité.

La disparité est la différence de position entre un point de l'image de la première caméra et son point correspondant sur l'image de la deuxième caméra.

L'information de disparité d , couplée aux paramètres physiques de la paire stéréoscopique (base de la paire B et distance focale f) permet d'obtenir la profondeur P du point considéré et donc par la suite de construire la carte des disparités.

La formule ci-dessous est une des formules la plus simple pour obtenir la profondeur P .

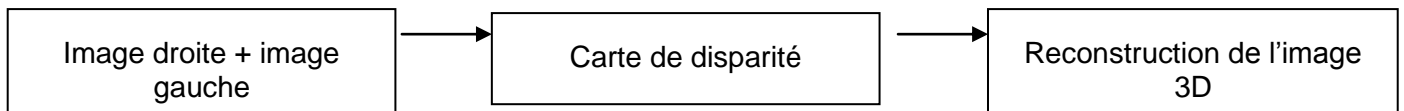
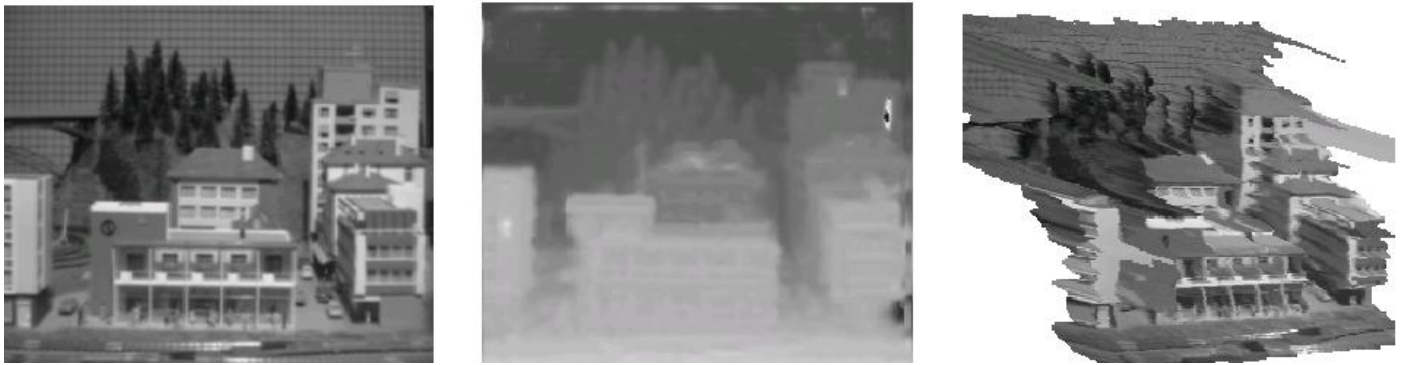


$$P = \frac{f \cdot e}{d}$$



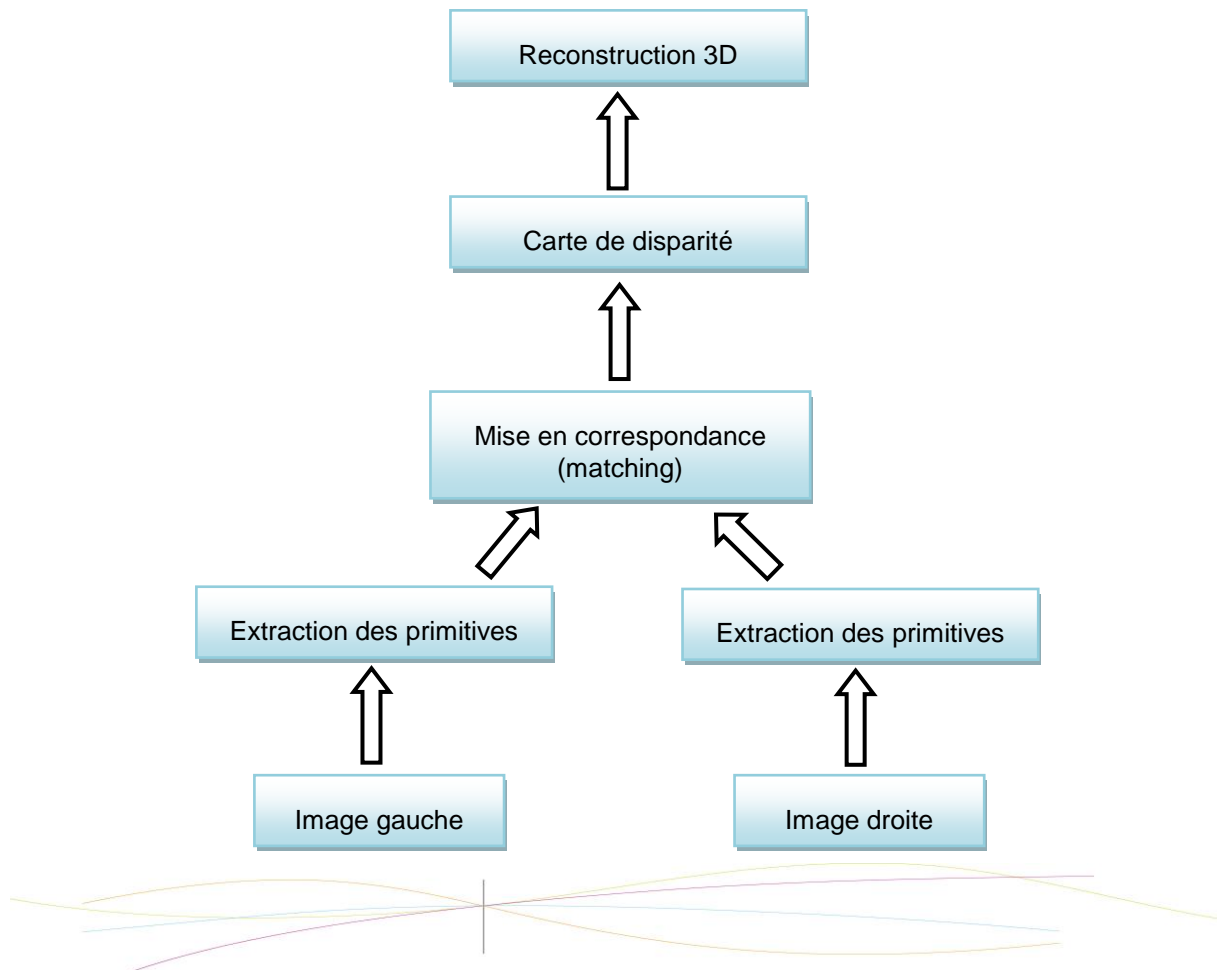
Ainsi, plus la disparité est grande, plus l'objet est proche en 3D.

L'objectif est à présent de calculer la disparité et la profondeur pour tous les pixels de l'image. Calculer la disparité des pixels dans l'ordre ne permet pas d'obtenir des résultats convenables. Il faut d'abord commencer par les points pour lesquels la disparité est fiable, c'est-à-dire les couples de point qui possèdent le degré de compatibilité EMgd le plus élevé, et propager le calcul aux voisins en utilisant les disparités déjà connues.



3.2.7. Conclusion

Résumons très succinctement les étapes de la stéréovision grâce à un schéma.



La détection et localisation d'obstacle est devenue un problème clef dans l'aide à la conduite. La stéréovision en est une solution fiable et robuste. De plus, elle possède l'avantage de pouvoir d'adapter à d'autres applications comme la détection de piéton, la mesure de distance de sécurité, l'adaptation des phares à la situation et à la topologie ou encore la détection de panneau de signalisation. Ces avancées technologiques permettent de pousser encore un peu plus l'automatisation du véhicule. Mais jusqu'où ira cette conduite automatisée ?

3.3. L'ABS (Anti-lock Braking System)

3.3.1. Problématique

Lors d'un freinage violent, les roues peuvent se bloquer et ne plus répondre au conducteur à cause de la perte d'adhérence.

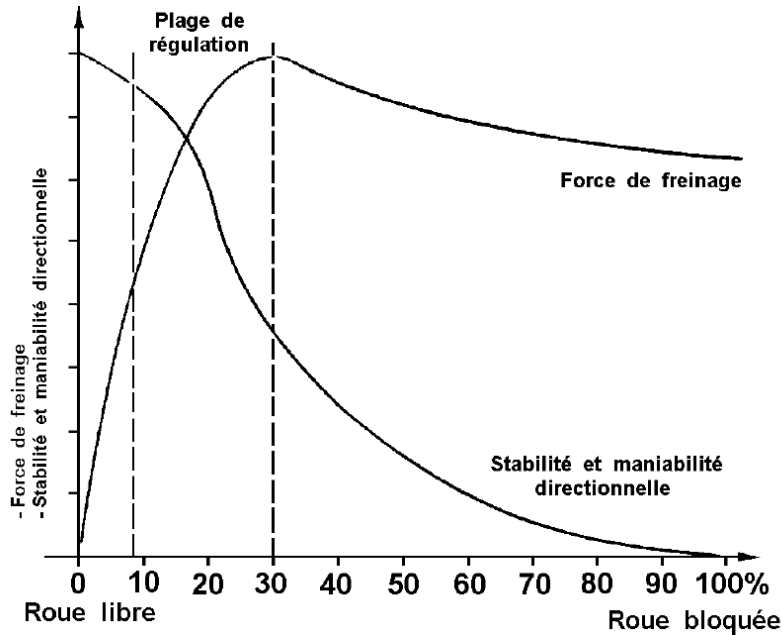
L'adhérence d'un pneumatique sur la chaussée dépend principalement :

- De la qualité du pneumatique (la profondeur des sculptures doit être inférieure à 1,6mm, repérable grâce au témoin d'usure)
- De la nature du revêtement de la route

➔ On parle de coefficient d'adhérence dont voici un exemple

	pneu neuf	pneu usé
Béton sec	0.85	0.95
Béton mouillé	0.45	0.30
Verglas	0.10	0.10





Force de freinage, stabilité et maniabilité directionnelle en fonction du coefficient de glissement de la roue au sol.

Ce blocage des roues se traduit pour le conducteur à :

- une perte de la stabilité du véhicule,
- une augmentation des distances de freinage,
- une perte de contrôle du véhicule.

3.3.2. Fonctionnement de l'ABS

L'ABS est l'équipement le plus connu et le plus ancien lorsqu'on parle de véhicule intelligent. En effet, il a fait son apparition pour la première fois sur un avion en 1952 et il s'est ensuite développé sur les automobiles à partir de 1978. Aujourd'hui on le trouve en série sur toutes les gammes de véhicules.

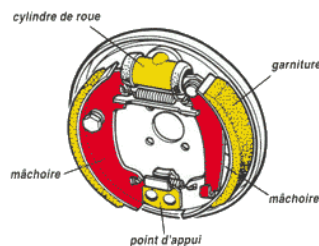
Pour comprendre le fonctionnement de l'ABS rappelons les deux principaux systèmes de freinages commercialisés qui sont le freinage à tambours et le freinage à disque.

3.3.2.1. Le freinage à tambours

Ce système se compose:

- o D'un tambour en fonte, solidaire de la roue.
- o Des mâchoires, solidaires du châssis, garnies d'un matériau à haute résistance au frottement et à l'échauffement.

L'action sur la pédale a pour effet d'écarter les deux mâchoires qui entrent en contact avec le tambour. En effet, grâce à la pression des cylindres du circuit de freinage, les pistons des cylindres repoussent les mâchoires et les garnitures se plaquent contre les tambours. Ainsi, le frottement freine la rotation.



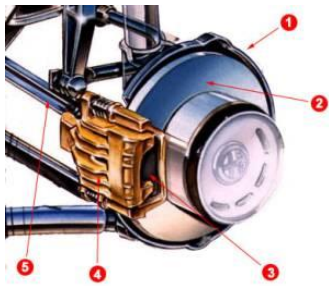
3.3.2.2. Le freinage à disques

Ce système se compose de :

- Un disque en fonte, solidaire de la roue.
- Des étriers équipés de plaquettes, solidaires du châssis.

Les pistons des cylindres des étriers de freins réagissent à la pression hydraulique et poussent les plaquettes contre les disques, entraînant un ralentissement par des frottements. En effet, l'étrier supporte les deux plaquettes qui, sous l'action d'une commande hydraulique, pressent le disque, empêchant ainsi sa rotation.

Ce système est plus récent que celui du frein à tambours. Il est très performant car il est progressif et dissipe parfaitement la chaleur.

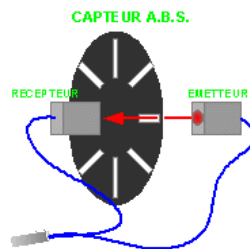


- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | Flasque |
| 2 | Disque |
| 3 | Garnitures |
| 4 | Etrier |
| 5 | Flexible du liquide de freins |

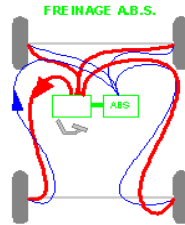
➔ Le principe du freinage est que lorsqu'on appuie sur la pédale de frein, ce mouvement est transformé en pression hydraulique qui va se diffuser jusqu'aux quatre roues, ce qui fait stopper le véhicule.

Voyons maintenant ce qu'il se passe quand l'ABS rentre en action :

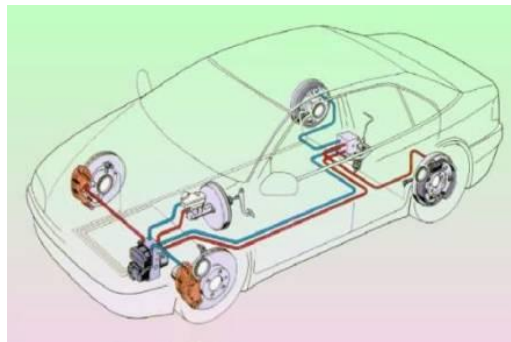
Pour déceler un problème dans le freinage (c'est-à-dire le blocage de roues), l'ABS a tout d'abord besoin d'un **capteur**. La roue est percée de plusieurs trous et est constituée d'un émetteur lumineux et d'un récepteur. Si la roue tourne le récepteur recevra des flashes (la lumière de l'émetteur par intermittence, lorsqu'elle traversera les trous). Si elle ne tourne pas, le récepteur recevra uniquement de la lumière ou uniquement du noir, et c'est là que l'ABS saura qu'il devra rentrer en course !



Le **calculateur** vérifiera alors plusieurs fois par seconde cette information donnée par le récepteur. Si elle est vérifiée, le calculateur agit pour diminuer la pression hydraulique du serrage de frein. Dès que la roue recommencera à tourner, il augmente la pression de serrage du frein. L'ABS est très efficace puisqu'il fonctionne au centième de seconde près.



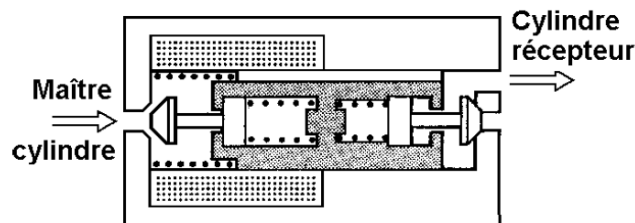
- ➔ Lors d'un freinage, l'ABS module alors la pression du circuit de freinage appliquée aux différents **cylindres** de freins en fonction de l'accélération et de la décélération des roues.



3.3.3. Principe de fonctionnement du groupe hydraulique

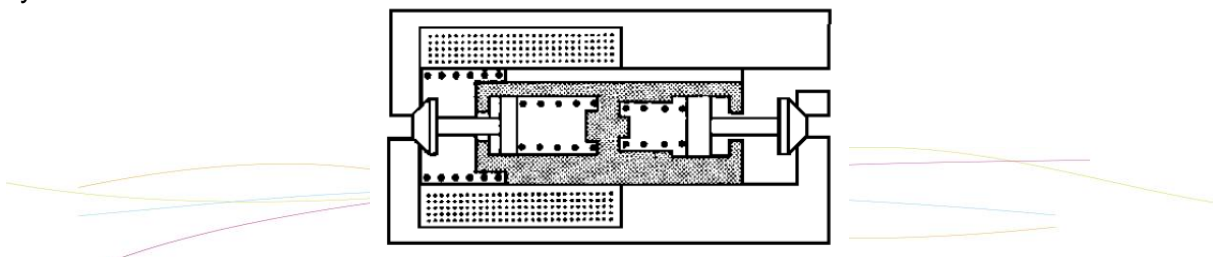
- ✓ Position repos :

Le maître-cylindre est communicé avec le cylindre récepteur d'étrier.
L'A.B.S. ne fonctionne pas.



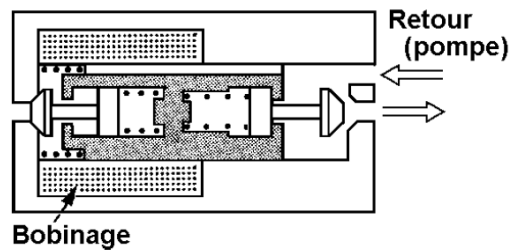
- ✓ Position « maintient de la position » :

La communication est coupée, le piston s'est déplacé pour fermer l'arrivée du maître-cylindre.



✓ Position « réduction de la pression » :

Le piston ouvre le passage "cylindre récepteur -pompe de refoulement". La pompe fonctionne et aspire du liquide pour faire chuter la pression.



3.4. Le régulateur de vitesse adaptatif

3.4.1. Rappels sur le régulateur de vitesse

Le régulateur de vitesse permet le contrôle longitudinal du véhicule qui consiste à maintenir une vitesse compatible avec la géométrie et la qualité de la route, les conditions météorologiques et l'état du trafic en assurant une certaine distance de sécurité avec les véhicules précédents.

Il faut différencier le régulateur de vitesse (classique) et le régulateur de vitesse adaptatif, conçu dans la continuité du premier.

En anglais *Cruise Control*, il permet de régler la vitesse du véhicule de telle sorte que celle-ci demeure constante : le conducteur choisit une vitesse de croisière et le régulateur modulera lui-même la vitesse du véhicule :

- il accélère pour atteindre cette vitesse,
- utilise le frein moteur en cas de dépassement de celle-ci.

Généralement, une manette disposée sur le volant permet à l'utilisateur d'activer le régulateur, de choisir sa vitesse de croisière et de revenir en mode classique.

De plus, de nombreux systèmes de sécurité existent : une action sur la pédale de frein, d'accélérateur, d'embrayage ou sur le levier de sélection des vitesses désactive immédiatement le régulateur.

- ➔ Le conducteur est enfin libéré de sa hantise de dépassement des vitesses limites autorisées et peut se concentrer sur d'autres priorités que la conduite engendre.

Cependant, ce système possède des limites :

- Lorsque la circulation est dense, le chauffeur doit en permanence ajuster la vitesse de croisière en fonction du flux du trafic.
- Ne freinant qu'avec le frein moteur, celui-ci peut ne pas s'avérer assez performant, il faut bien entendu freiner par des moyens classiques.

- ➔ Alors le régulateur de vitesse évolue en régulateur de vitesse adaptatif.



3.4.2. Fonctionnement

En anglais ACC (Autonomous Cruise Control), il est la réponse aux faiblesses du régulateur de vitesse traditionnel. En effet, il ne se contente pas de suivre « à la lettre » la vitesse de croisière que lui a indiquée le conducteur mais il la contrôle : il se base sur le véhicule qui le précède pour maintenir une bonne distance de sécurité.

Par exemple, si un véhicule équipé d'un régulateur de vitesse classique réglé à 130 km/h sur une autoroute, rattrape un véhicule ne roulant qu'à 110 km/h, il le percute à une vitesse relative de 20 km/h (en l'absence d'intervention du conducteur). Au contraire, le régulateur de vitesse adaptatif détecte le véhicule plus lent, calcule automatiquement la bonne distance de sécurité, ralentit et se maintient à la vitesse du véhicule plus lent dans l'attente d'une intervention du conducteur.

Le conducteur paramètrera lui-même sa vitesse de croisière et sa distance de sécurité.

Voici dans l'ordre les modes de décélération utilisés :

- l'accélérateur
- le frein moteur
- la rétrogradation automatique
- le ralentisseur secondaire
- les freins de services

➔ Les limites du le régulateur de vitesse classique sont donc ici contournées : il fonctionne en circulation dense puisque il calcule une distance de sécurité et il utilise des modes de freinage surs.

Le régulateur de vitesse adaptatif ne communique ni avec le véhicule suivit ni avec l'infrastructure, c'est un système d'assistance autonome.

Voyons plus en détail son fonctionnement en s'intéressant notamment à ses capteurs embarqués. Il en existe deux en compétition dont les prix et la performance diffèrent : le radar qui utilise des ondes millimétriques et le lidar qui émet dans le visible ou l'infrarouge.

3.4.2.1. *Le lidar ou télémètre laser*

On utilise un laser avec un émetteur et un récepteur placés à l'avant du véhicule. Il est peu coûteux (entre 400 et 600 euros) et est donc accessible aux voitures de classe moyenne.

Le problème est que la lumière visible est facilement absorbée ou réfléchiée par des obstacles (par exemple en cas de pluie, neige ou brouillard). De plus, si le véhicule à détecter est sale ou boueux, la réflexion vers le capteur est également amoindrie.

3.4.2.2. *Le radar*

L'élément essentiel de la détection radar est un module d'émission-réception à haute fréquence (77 GHz) sur un circuit intégré monolithique hyperfréquence (MMIC, Monolithic Microwave Integrated Circuit) pour détecter les autres véhicules qui se trouvent devant le véhicule équipé. Le capteur radar, de par la longueur d'onde utilisée, est beaucoup moins



affecté par les conditions météorologiques. Seules les très fortes précipitations peuvent mener à une absorption de l'onde. Le coût est cependant plus élevé, de 1 000 à 2 000 euros, ce qui limite pour l'instant son utilisation aux véhicules haut de gamme.

3.4.3. Avantages

- ✓ La sécurité avec :
 - L'évitement des collisions par l'arrière
 - La réduction des symptômes de fatigue grâce à une conduite plus sereine
- ✓ Une fluidification du trafic.
- ✓ Une véritable étude a montré une diminution de consommation de carburant. En effet, la position du véhicule équipé derrière le véhicule principal a changé les caractéristiques de ralentissement et d'accélération.

3.4.4. Limites

D'une part le régulateur de vitesse adaptatif a une faiblesse, qui n'est pas des moindres, dans son capteur : soit il n'est fiable que par beau temps, soit il faut y mettre le prix et encore, il ne sera pas fiable par temps de fortes précipitations.

D'autre part, sur les routes périurbaines les limitations de vitesses varient souvent (110, 90, 70, 50 km/h). Et pour ne pas avoir d'amendes, il faudrait sans cesse régler la vitesse de croisière à chaque changement de rue, ce qui effacerait d'ores et déjà l'avantage de la conduite plus sereine.

La solution serait alors de concevoir un régulateur de vitesse dynamique dont la consigne de vitesse proviendrait directement d'une communication infrastructure véhicule (cartes numériques de bases de données des limitations de vitesses, communication directe des panneaux de limitation de vitesse vers le véhicule ...).

Aux USA, les premiers régulateurs de vitesse dynamique sont commercialisés en nomade.

3.5. Les phares adaptatifs

L'acuité visuelle, capacité de distinguer deux points ayant une grande différence de contraste (noir et blanc), est réduite au crépuscule d'environ la moitié, et dans l'obscurité totale les yeux n'ont plus que 10% d'efficacité qu'ils possèdent en plein jour.

Bien que seulement un quart des parcours routiers ait lieu la nuit, 40% de l'ensemble des accidents mortels ont lieu à la nuit tombée. Le taux de mortalité des piétons est plus élevé de 60% dans l'obscurité. Les problèmes de vision sont encore aggravés pour une forte sensibilité à l'éblouissement.

Il existe plusieurs types de phares adaptatifs tous adaptés à des situations bien précises.



3.5.1. Adaptive Braking Light (ABL)

Le système Adaptive Braking Light (ABL), peut indiquer aux voitures arrivant derrière une situation dangereuse. Le déclenchement de l'ABS à des vitesses supérieures à 50 km/h fait clignoter tous les feux stop à cinq Hz (cinq fois par seconde). Une étude a montré que ce système peut réduire de 0,2 seconde le temps de réaction au freinage, ce qui permet souvent de gagner de précieux mètres pour s'arrêter. Si le véhicule freine jusqu'à l'arrêt, les feux stops continuent à clignoter pendant trois secondes.

3.5.2. Adaptive Forward Lighting (AFL)

Eclairage dynamique en virage



L'Eclairage dynamique en virage augmente la sécurité active lors de la conduite de nuit et permet une amélioration de l'illumination de 90% dans les virages et aux intersections. Les phares bi-xénon éclairent l'intérieur du virage jusqu'à 15° à droite et à gauche du véhicule. L'angle de l'éclairage dynamique est déterminé par la vitesse et l'angle du volant de la voiture. Ces derniers sont mesurés par des capteurs. Ces capteurs envoient les informations, ainsi qu'une information sur le taux de lacet du véhicule (le degré de rotation autour de l'axe vertical de la voiture), au système de gestion du dispositif d'éclairage dynamique.

Eclairage Intersection



L'éclairage statique d'intersection se met automatiquement en fonction avec les feux de croisement. Sa mise en route est commandée par la position de la manette de clignotant, l'angle du volant et la vitesse du véhicule. Il ne se déclenche qu'à des vitesses inférieures à 40 km/h pour éviter d'ennuyer les usagers des autoroutes, par exemple. L'éclairage intersection illumine une zone située à gauche ou à droite du véhicule sur un angle atteignant 90 degrés à l'aide d'un réflecteur fixe. L'Eclairage statique d'intersection facilite les manœuvres dans des endroits peu éclairés, comme les rampes d'accès aux parkings, et rend la conduite plus sûre la nuit en montagne dans les épingles à cheveux.

Eclairage autoroute adaptatif



Au-dessus de 100 km/h (110 km/h sur les derniers modèles), le régulateur de portée automatique des projecteurs permet aux projecteurs d'illuminer la route sur une portée de 140 mètres sans éblouir les autres conducteurs. L'angle des virages, déterminé par le capteur d'angle du volant, permet à l'Eclairage autoroute adaptatif de faire la différence entre le profil d'une autoroute et celui d'une route de campagne, et d'éviter ainsi d'éblouir les voitures venant en face.



3.5.3. Automatic Lighting Control (ALC)

Le système d'allumage automatique des feux Automatic Lighting Control (ALC) permet d'éviter le trou noir à l'entrée dans les tunnels : régissant aux informations récoltées des trois capteurs du pare-brise, l'ALC met en route automatiquement les feux de croisement dans la pénombre, ou les désactive dans la lumière. Grâce à ses trois capteurs, le système intelligent peut déterminer si la voiture passe sous un pont ou circule dans un tunnel. L'activation automatique des feux de croisement dès que l'obscurité se fait sentir permet aussi de prévenir les autres conducteurs qu'une voiture approche – un plus important en matière de sécurité.

3.5.4. Eclairage Porte-à-Porte

La nouvelle fonction Porte-à-Porte conserve allumés les phares de la voiture (sur l'Opel Corsa, par exemple) ou les feux avant ou arrière (Opel Vectra) 30 secondes après que la porte du conducteur ait été verrouillée. Elle est activée en faisant un appel de phare quand la portière du conducteur est ouverte.

3.5.5. Fonction Trouver-ma-Voiture

La fonction lumineuse Trouver-ma-voiture permet au possesseur d'une Opel de retrouver facilement sa voiture dans la pénombre. Il suffit de presser deux fois sur le bouton de déverrouillage de la télécommande pour allumer les lumières intérieures, les projecteurs et l'éclairage de plaque pendant 30 secondes, guidant le conducteur et ses passagers jusqu'à la voiture. Le démarrage de la voiture ou un nouvel appui sur le bouton de déverrouillage arrête cette fonction.

3.5.6. Phares bi-halogène

Les phares bi-halogène sont capables d'émettre les faisceaux de croisement et de route avec une seule optique de projection. Les projecteurs passent du faisceau route au faisceau croisement grâce à un pivot couplé à un solénoïde, qui fait intervenir un diaphragme réglable dans le cône de lumière. Ce système peu encombrant est particulièrement bien adapté à l'éclairage dynamique en virage.

3.5.7. Phares bi-xénon

Les phares bi-xénon produisent les faisceaux de croisement et de route à partir d'une seule ampoule xénon par projecteur. Un diaphragme vient mécaniquement alterner entre les deux types de faisceaux. Le spectre et l'intensité lumineuse restent constants quel que soit le faisceau utilisé, ce qui réduit la fatigue oculaire.

3.5.8. Régulateur automatique de portée des projecteurs

Le régulateur automatique de portée des projecteurs garantit un réglage optimal des phares et le meilleur éclairage de la route possible. Le système offre une zone d'illumination constante quelle que soit la charge ou les mouvements dans l'axe transversal du véhicule, par exemple à l'accélération ou au freinage. Il évite aussi l'éblouissement des conducteurs venant en face. La régulation est automatique et compense l'angle d'inclinaison des optiques pour l'adapter à la charge et aux conditions de circulation.

3.5.9. Rétroviseur photochrome

Les rétroviseurs photochromes (s'obscurcissant automatiquement) disposent d'un élément photochrome, constitué d'un film à variation électrochimique et d'un électrolyte. La



variation du film, son obscurcissement, nécessite un courant électrique. Il permet aux ions présents dans l'électrolyte de réagir électro-chimiquement avec le film, en générant un assombrissement. Le voltage nécessaire à la variation est créé par deux cellules photovoltaïques intégrées au rétroviseur. Un capteur détermine le degré de luminosité devant la voiture, une autre mesure la luminosité derrière. Quand le capteur de derrière détecte le flux lumineux de phares d'une voiture située derrière dans l'obscurité, le système régit en comparant les données des deux capteurs et déclenche le processus de variation de la teinte.

3.5.10. Système de lave-phares

Le système de lave-phares est un dispositif de nettoyage adapté aux projecteurs de voitures. Parfois, il comprend également de petits essuie-glaces entraînés par un moteur électrique. Mais la plupart des véhicules sont plutôt dotés d'un système de nettoyage à haute pression qui projette sur les phares du liquide lave-glace à haute pression. La législation impose à tous les véhicules ayant des phares xénon d'être équipés d'un système de correcteur de portée automatique des projecteurs et d'un dispositif de nettoyage des phares.

3.5.11. Comparaison des types d'ampoules

Voici maintenant la comparaison des différents types d'ampoules existantes actuellement :

Type	Premier montage sur un véhicule	Fonctionnement
Phares acétylène/ lampe carbure	1896	L'eau coule sur un carbure de calcium dans la calebonde, générant un gaz de carbure inflammable (acétylène). Ce gaz est acheminé dans la chambre du phare par des tuyaux en cuivre et mis à feu dans un bec de gaz en stéatite.
Lampe électrique	1913 (éclairage Bosch) 1924 (Bilux)	Un filament de tungstène est chauffé à blanc par le passage d'un courant électrique. Les ampoules Bilux ont deux filaments.
Lampes halogène	1965	L'ajout d'halogène évite aux atomes de tungstène vaporisés de se déposer sur la paroi de l'ampoule, plus froide, et de l'obscurcir.
Eclairage xénon	1991 1999 (bi-xénon)	Ampoule à décharge où un arc électrique se crée entre deux électrodes de tungstène dans une atmosphère de gaz xénon. Il faut un ballast à haut voltage à l'allumage de la lampe pour créer la première décharge.
Projecteurs à diodes	2007 (optique complète à diodes)	Le voltage électrique d'une diode à émission de lumière illumine un cristal.



3.6. L'eCall

3.6.1. Qu'est-ce que l'eCall ?

Ce système permet de secourir plus rapidement les personnes victimes d'un accident. En effet, c'est un système d'appel d'urgence paneuropéen embarqué à bord des véhicules qui utilise le numéro d'urgence européen 112 en cas d'accident.

L'appel d'urgence permet de résoudre deux problèmes majeurs en cas d'accident :

1. Trouver l'information de localisation pertinente
2. Savoir à qui la transmettre

3.6.2. Fonctionnement

En cas d'accident, le dispositif installé dans le véhicule active sa carte SIM et envoie un appel d'urgence au centre de réception des appels d'urgence le plus approprié et envoie en même temps des données relatives au véhicule comme la localisation, le type du véhicule (grâce au code VIN) et les données du système de bord (optionnel). Le dispositif sait aussi si l'eCall a été déclenché manuellement ou automatiquement.

De ce fait, l'opérateur du centre d'appel d'urgence déploie les moyens adaptés pour faire face à la situation.

L'eCall s'active de deux manières :

1. Manuellement par un des occupants du véhicule par l'intermédiaire du bouton SOS placé sur le tableau de bord
2. Automatiquement par des capteurs placés dans le véhicule lors d'un accident (par exemple lors du déclenchement de l'airbag)

Lorsque le signal est activé, les occupants sont connectés via le 112 au centre de prise en charge le plus proche.

L'opération doit durer moins de 34 secondes :

- 4 secondes pour déclencher l'appel
- 20 secondes pour l'établissement d'une conversation « voix »
- 30 secondes pour une éventuelle conversation visuelle

Pour cela, il faut donc un micro sur le tableau de bord, les haut-parleurs de l'autoradio et éventuellement une webcam.

3.6.3. Objectifs

Selon des études, le délai d'arrivée des secours pourrait être réduit d'environ 50 % dans les zones rurales, et de 40 % zones urbaines.

Près de 2500 personnes pourraient être sauvées chaque année si les secours pouvaient être présents plus rapidement sur les lieux de l'accident et la gravité des blessures pourrait être diminuée de 15%.



La moitié des Etats membres de l'Union Européenne s'est engagée à équiper tous les véhicules neufs d'ici 2010.

3.7. L'EBS (Electronic Braking System)

3.7.1. Qu'est-ce que l'EBS ?

Ce système est assez similaire à l'ABS c'est pourquoi nous ne le détaillerons pas trop. Il est principalement utilisé pour les remorques des poids lourds et autres de même gabarit. Il permet d'améliorer le contrôle de son véhicule pendant le freinage et a cependant quelques particularités.

Tout d'abord, les freins répondent instantanément dès que vous les utilisez ou les relâchez, proportionnellement à la pression exercée sur la pédale de frein.

Par conséquent, un système de freinage pneumatique classique réagit plus lentement qu'un système électronique comme l'EBS.

D'autre part, l'EBS améliore largement la stabilité dans toutes les conditions et élimine une grande partie du stress inutile provoqué par les arrêts d'urgence. Même le système pneumatique le plus sophistiqué n'offre pas cette réactivité immédiate, équilibrée et stable.

3.7.2. Composition

Le système EBS est un circuit de freinage complet. Il remplace tous les composants traditionnels situés entre la pédale de frein et les actionneurs de freinage, c'est à dire :

- ✓ Le robinet de frein.
- ✓ Le correcteur de freinage.
- ✓ Toutes les valves relais, valve de réduction, doubles valves d'arrêt.
- ✓ L'ensemble des systèmes ABS et ASR (anti patinage au démarrage) traditionnels.

Mais il conserve :

- ✓ La pédale de frein.
- ✓ Les actionneurs de freinage.
- ✓ Les disques et les tambours.
- ✓ Le circuit de génération d'énergie pneumatique : compresseur, dessiccateur, valve quadruple, réservoirs ...
- ✓ Le circuit de frein de parc et d'anti-superposition des efforts.
- ✓ Le circuit de la remorque

3.8. L'ESP ou ESC (Electronic Stability Control)

3.8.1. Qu'est-ce que l'ESP?

Le contrôle électronique de stabilité est un système d'évitement de collision dont le but est de conserver la maîtrise de son véhicule lors d'une manœuvre d'urgence (notamment lorsque l'on doit virer ou freiner brusquement pour éviter un obstacle). En effet,

Le système ESP est entre autres composés :

- ✓ d'un capteur qui combine deux informations



- l'accélération transversale
 - la vitesse de lacet
- ✓ d'un capteur angle de volant
 - ✓ d'un interrupteur de déconnexion
 - ✓ d'une gestion particulière du couple moteur

3.8.2. Fonctionnement

Le contrôle électronique de stabilité calcule l'écart entre la trajectoire du véhicule et la direction voulue. Sans que le conducteur intervienne, de petites impulsions de freinage sont appliquées distinctement sur chaque roue, ce qui permet de ramener le véhicule dans l'orientation voulue.

En fait, en plus des capteurs de l'ABS, l'ESP mesure l'angle volant, l'accélération latérale et le moment lacet pour élaborer son programme de freinage sélectif. A titre informatif, le moment lacet est la force de rotation qui s'exerce autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité du véhicule.

Dans le cas d'un virage à droite, si la voiture tend à faire un «tout droit» ou un sous-virage, l'ESP va l'obliger à virer en freinant la roue arrière droite et, éventuellement, la roue avant droite. Il crée ainsi un point de pivotement qui force la voiture à prendre le virage. Dans le même virage à droite, si la voiture tend à partir en tête-à-queue ou en survirage, l'ESP agit maintenant sur la roue avant gauche.

En la freinant, il crée un «point d'appui» qui oblige la voiture à redresser sa trajectoire. Pour réaliser ces opérations, l'ESP analyse les données issues de sept capteurs et les compare à celles d'une modélisation du comportement du véhicule qu'il a en mémoire. Le premier capteur transmet la position du volant.

Pour vérifier que la trajectoire réelle de la voiture est bien conforme à celle désirée, il traite les informations que lui fournissent les six autres capteurs. D'abord, le calculateur détermine la vitesse du véhicule en analysant les données provenant des tachymètres de chaque roue (ceux de l'ABS). Le calculateur vérifie aussi que l'écart de vitesse de rotation entre les roues droites et gauches est conforme à la courbe que décrit la voiture. Pour affiner cette analyse, il exploite aussi les données d'un sixième capteur, qui n'est autre qu'un gyromètre qui lui indique le moment lacet. Enfin, un accéléromètre lui permet de détecter l'apparition d'un glissement latéral de la voiture. Toute incohérence détectée par le calculateur traduit un écart entre la trajectoire réelle de la voiture et celle souhaitée par le conducteur.

Le calculateur agit alors sélectivement sur le freinage d'une ou plusieurs roues. Ici encore, ce sont les circuits de l'ABS qui sont exploités et ce dialogue constant entre les fonctions ESP et ABS permet le freinage sélectif des roues. Si le freinage sélectif des roues s'avère insuffisant pour que le véhicule retrouve la trajectoire attendue, le calculateur agit cette fois sur le couple du moteur par l'intermédiaire de la commande d'accélérateur, voire de l'injection ou de l'allumage.

3.8.3. Objectifs

- ✓ Equiper tous les véhicules à partir de 2012.
- ✓ Une étude américaine estime que l'ESC pourrait réduire de près de 40% le nombre de collisions à un seul véhicule.
- ✓ Autre exemple : Au Canada en 2006 :



Les collisions mettant en cause une perte de contrôle ont entraîné la mort de 768 conducteurs et 2578 blessés graves.

Avec l'ESC, le nombre de décès aurait été de 225 et le nombre de blessés graves de 755.

3.9. Le système de trajectoire latérale

Le développement d'un contrôle latéral joue un rôle crucial parmi les différents capteurs présents sur le véhicule intelligent. Il va permettre de prévenir le conducteur en cas de sortie de route et ainsi permettre de diminuer le nombre d'accidents. En effet, l'AFIL (Alerte de Franchissement Involontaire de Ligne) va permettre, par le biais de caméras ou de capteurs infrarouges de détecter si le véhicule franchit involontairement les bandes de marquage (c'est-à-dire sans avoir actionné le clignotant) et d'avertir immédiatement le conducteur. Ce dernier peut être averti différemment selon les systèmes par signal optique, acoustique ou encore par des vibrations dans le volant ou le siège du conducteur. Ce système permet d'éviter les accidents dus à un moment d'inattention, si le conducteur ne réagit pas, le système corrige automatiquement la trajectoire. Dans cette partie, nous développerons les différentes méthodes de détection de franchissement de lignes grâce aux caméras mais nous ne parlerons pas de la détection de franchissement de ligne par capteurs infrarouge.

La détection d'indice est donc une étape essentielle pour une conduite automatique de la voiture. Les images enregistrées par la caméra dirigée vers l'avant du véhicule doivent donc être analysées en vue d'être exploitées pour bien positionner la voiture. Pour cela, on détecte les marquages blancs le long de la route. Il faut donc traiter les images perçues par la caméra pour mettre en évidence ces marquages. Pour cela, différentes méthodes ont été mises en œuvre. Elles jouent sur le contraste de l'image, sur l'utilisation de critères géométriques ou sur la reconnaissance de certains motifs.

3.9.1. La méthode de convolution

C'est une méthode de traitement d'images qui consiste à remplacer la valeur de chaque pixel par la somme des valeurs de ses pixels voisins, affectés de certains coefficients. En choisissant judicieusement les valeurs de ces coefficients, on parvient à mettre en évidence les contours d'une image.

Prenons un exemple pour bien illustrer cette méthode :

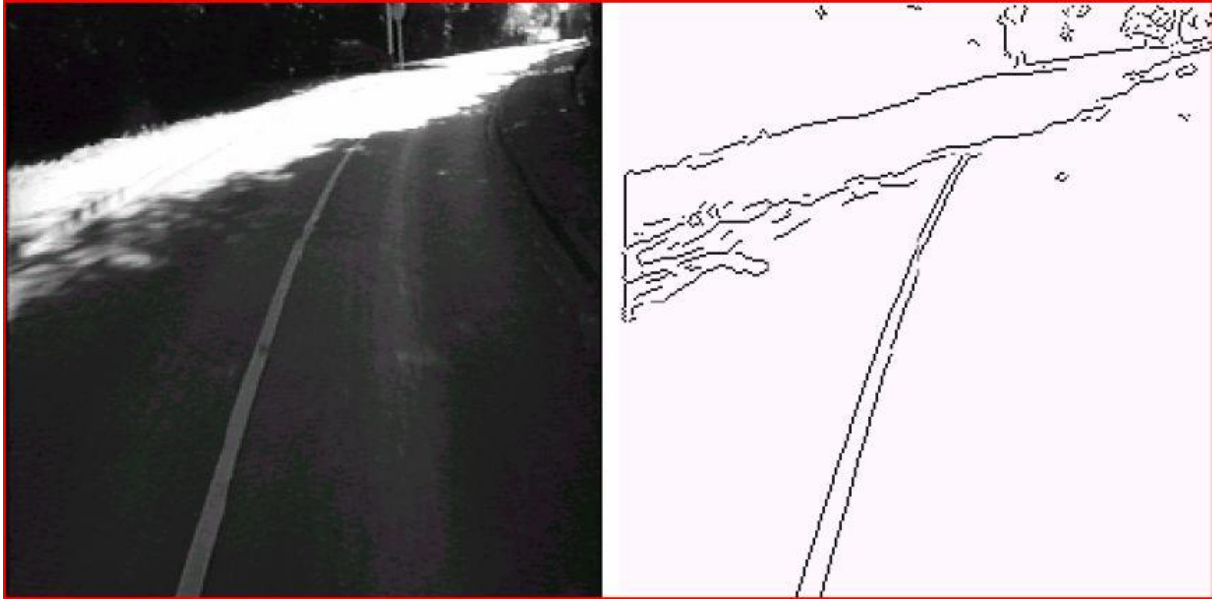
On considère une image de luminosité uniforme sauf en un pixel qui est plus lumineux que les autres. Pour pouvoir détecter ce pixel on utilise une matrice d'ordre 3 et on obtient :

100	100	100	100	100	*	0	-1	0	=	100	100	100	100	100	
100	100	100	100	100		-1	5	-1		100	100	50	100	100	
100	100	150	100	100		0	-1	0		100	50	350	50	100	
100	100	100	100	100											
100	100	100	100	100		100	100	100		100	100				

On voit donc bien le contraste entre les pixels que l'on obtient à la fin. Imaginons que pour notre image de départ, la luminosité uniforme soit le goudron de la route et notre pixel plus lumineux un bout de ligne en pointillé. On voit bien qu'après ce traitement, le pointillé est nettement mis en évidence. Grâce à cette méthode, on va déterminer les zones où il y a des changements de gradient assez forts. On fixe ensuite un seuil de luminosité à partir



duquel on peut affirmer qu'au-dessus de ce seuil on a bien détecté une ligne blanche et en-dessous on néglige les changements d'indices. Cet exemple est bien entendu un cas idéal simplifié. Si on prend une vraie image (voir ci-dessous), on voit tout de suite que c'est nettement plus compliqué.



On constate qu'avec le traitement effectué sur cette image on arrive à ne garder que les zones blanches de l'image, ici la ligne continue. Mais on remarque aussi qu'il peut y avoir des parasites comme la zone éclairée par le soleil par rapport à la zone d'ombre. Cela constitue en quelque sorte la limite de la méthode de convolution.

3.9.2. Critères géométriques

Pour augmenter l'efficacité des systèmes de détection de marquages, on utilise des algorithmes qui tiennent compte des critères morphologiques. Finalement, on essaye de se rapprocher de la méthode utilisée par l'œil humain, pour différencier deux objets, qui détectent la différence entre les couleurs ou luminosité des deux objets et la reconnaissance des formes de ses deux objets. Cette méthode se repose sur des critères géométriques pour reconnaître les formes. Dans notre cas de détection de lignes blanches, on va utiliser comme donnée la largeur des bandes blanches que l'on considère constante sur toutes les routes. Tout d'abord, on effectue un travail similaire à la méthode de convolution. On va essayer de trouver les pixels les plus lumineux mais cette fois par une méthode mathématique. On effectue ensuite un calcul du gradient d'intensité des pixels. Pour cela, on va chercher les maxima de la dérivée de la fonction représentant l'intensité des pixels de l'image (on l'a considéré comme continue). Les maxima trouvés vont correspondre aux zones où il y a un fort gradient d'indice, puis on va ensuite définir un seuil de gradient et enfin chercher un plateau d'intensité dont la longueur est un certain intervalle $[S_{min}, S_{max}]$. A ce stade, cet intervalle peut être une ligne blanche ou, comme dans l'exemple précédent une zone lumineuse de la lumière du soleil comparée à une zone d'ombre. Il faut donc réussir à différencier ses deux cas. Pour cela, nous allons utiliser un repère (x, y) sur l'image. Pour chaque ligne y on détecte l'abscisse x_1 du premier pixel lumineux au-dessus du seuil puis on fait défiler les x pour arriver à la fin du plateau lumineux. Le dernier point au-dessus du seuil est noté x_2 . On va ensuite comparer la longueur $x_2 - x_1$ à la largeur d'une bande blanche. Si elle correspond, alors on vient de détecter une bande blanche sinon, comme dans l'exemple précédent il s'agit d'une forme parasite comme d'une différence de luminosité liée aux ombres et lumières. Cet algorithme rend la détection des lignes blanches



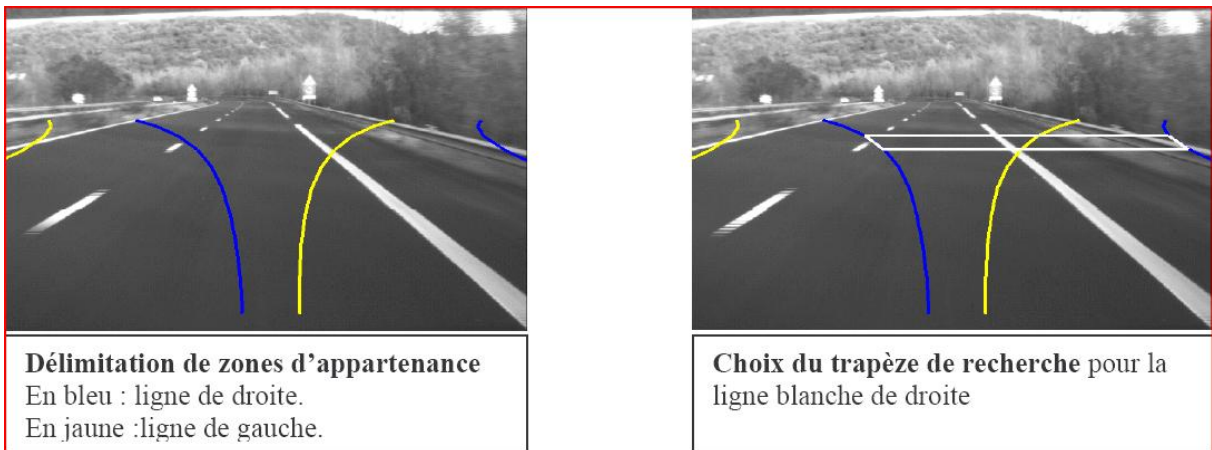
plus précise, si on reprend l'exemple précédent et qu'on lui applique cet algorithme on obtient un résultat nettement amélioré :

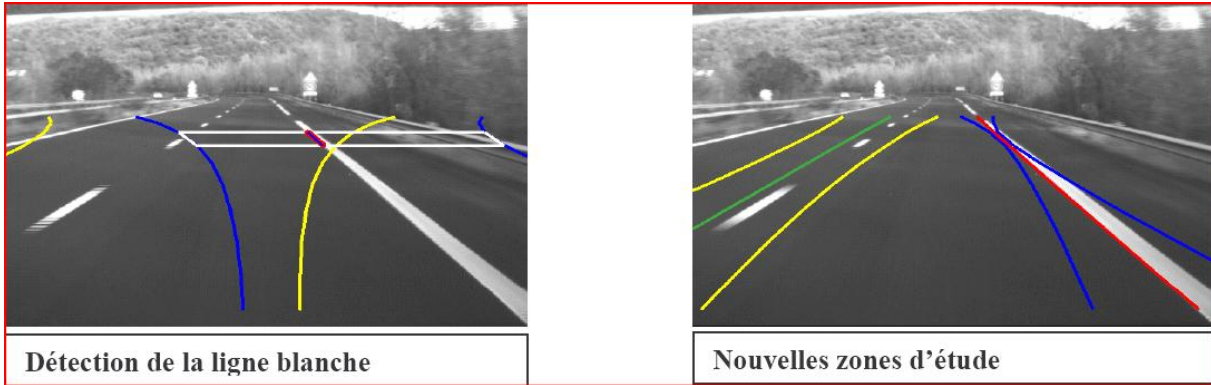


Cette méthode permet donc d'éviter de façon considérable les fausses détections en cas de présences de certains parasites.

3.9.3. La méthode algorithmique

La méthode algorithmique permet d'accélérer la détection des lignes blanches. Cette méthode s'appuie sur un algorithme récursif qui réduit les zones d'erreurs à chaque nouvelle entrée dans la boucle. Premièrement, il délimite une zone d'étude sous la forme d'un trapèze, puis détecte s'il y a la présence ou non d'une ligne blanche à l'intérieur et établit deux nouvelles zones d'appartenance. Si le critère choisi est rempli, l'algorithme se termine sinon il se poursuit.





On part d'un modèle initial dans lequel on peut modifier certains critères comme la largeur de la bande d'erreur. Grâce à cet algorithme, on obtient de façon fiable la position, la direction et la courbure de la bande étudiée.

Cette méthode présente comme avantages de pouvoir vérifier la cohérence du résultat par l'utilisation des deux bandes de marquage, on peut sans problème détecter les pointillés et enfin elle permet de détecter les virages.

3.9.4. Cas des routes sans marquages

Lorsque l'on circule sur une route sans marquage, les méthodes suivantes ne peuvent plus s'appliquer mais on va pouvoir utiliser la méthode de photométrie du gradient d'indice. On parlera alors de la méthode dite de segmentation par approche frontalière qui va mettre en évidence les frontières d'une zone homogène du point de vue photométrique, ici, la route. Comme précédemment, on utilise la fonction dérivée en cherchant ses maxima puis le procédé de seuillage. Un seuil bas en dessous duquel on considère qu'il ne s'agit pas d'un contour et un seuil haut dans lequel il s'agit d'un contour. Entre les deux, on ne va garder que les points connexes à au moins un point de contour sûr.

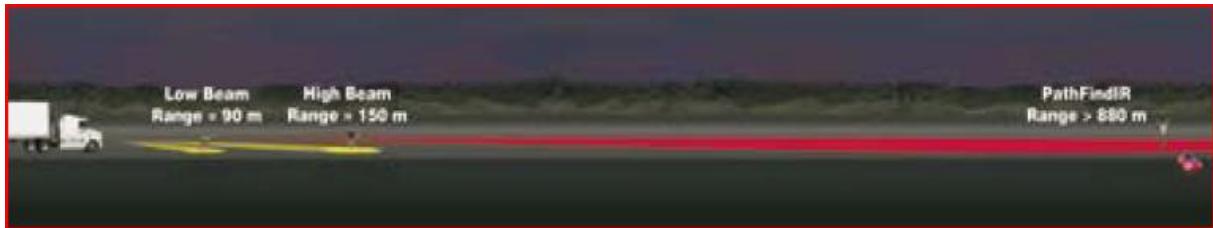
Il existe une autre méthode de segmentation : la segmentation par approche régions. Cependant, elle est peu utilisée car peu précise. C'est une méthode de division-fusion qui consiste à diviser initialement l'image en plusieurs parties dans lesquelles on va vérifier à chaque fois l'homogénéité par rapport à la luminosité. Si on juge que les pixels appartenant à une région sont assez homogènes, on dira qu'ils appartiennent à une même entité. On divise à nouveau et revérifie chaque partie puis on fusionne toutes les sous parties jugées avec un certain degré de concordance entre eux.

Voici un exemple que l'on obtient pour une route sans marquages :

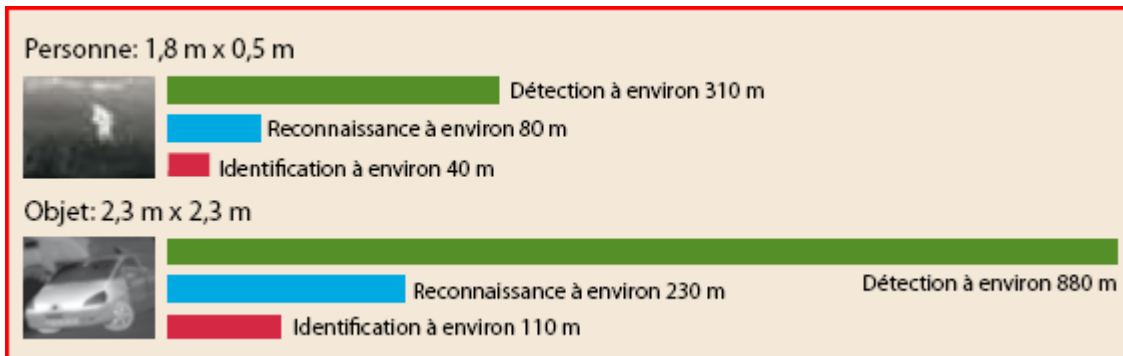


3.10. Les systèmes de vision nocturne

Un grand nombre d'accidents mortels de la route ont lieu la nuit. Avec les feux de croisement normaux, la visibilité du conducteur la nuit est réduite à 50 mètres environ. La nuit, nous détectons donc tardivement les obstacles ou les risques potentiels. De plus, les feux de route gênent le trafic roulant en sens inverse et sont donc peu utilisés. Un système de vision nocturne offre une visibilité accrue pendant la nuit grâce à des détecteurs infrarouges (lointains ou proches). Tout au long de cette partie, nous prendrons comme exemple le système PathFindIR de FLIR Systems. Il permet au conducteur de voir beaucoup plus loin qu'avec des phares et avec plus de clarté.



On peut voir que le système PathFindIR permet de voir jusqu'à 880 mètres alors qu'en plein phares on ne peut voir que jusqu'à 150 mètres.



D'après ces deux supports, on peut voir que l'on détecte non seulement beaucoup plus loin grâce à une caméra infrarouge mais que la distance d'identification par infrarouge correspond à la distance de détection des phares de notre voiture.

Le conducteur peut détecter et surveiller les piétons, les animaux et les objets sur la route ou à proximité. Il dispose donc de plus de temps pour réagir en cas de danger. Le système PathFindIR parvient à détecter et à reconnaître les risques potentiels dans l'obscurité totale et la fumée, sous la pluie et la neige. Il ne gêne pas les véhicules arrivant en sens inverse puisque la lumière infrarouge est invisible pour l'homme. Ce système peut facilement être intégré à n'importe quel véhicule, par exemple derrière la calandre.

L'imagerie thermique est une puissante amélioration de la vision du conducteur permettant de voir jusqu'à cinq fois plus loin qu'avec des phares. De plus, elle ne nécessite aucune source de lumière pour fonctionner. Le fonctionnement d'une caméra d'imagerie thermique est très simple. Tout d'abord, ce type de caméra se différencie des caméras traditionnelles par un objectif en germanium, métal couteux mais qui transmet bien le rayonnement infrarouge. L'énergie infrarouge d'un objet est focalisée par l'optique sur un capteur infrarouge. Ce dernier va ensuite envoyer les informations à la partie électronique du système qui va traiter l'image. Cette partie électronique va convertir les données du capteur en une image qui peut être observée sur un écran LCD généralement intégré au tableau de



bord. Sur l'image restituée sur l'écran central, la luminosité des objets s'accroît en fonction de la chaleur émise et enregistrée par la caméra. Les personnes (piétons au bord de la route) et les animaux (gibier) sont donc les zones les plus claires de l'image. Le conducteur peut donc détecter plus rapidement des situations dangereuses et réagir plus vite.



On voit donc qu'on l'on obtient des images nettes, claires qui font bien ressortir les personnes. Voici d'autres exemples montrant les performances de la vision nocturne grâce aux caméras infrarouge.



Ce type de système est déjà proposé en option sur les BMW de série 5, 6 et 7. Il faut considérer ce système comme une aide à la vision nocturne, principalement dans les zones



difficiles telles que les routes de campagne. En effet, ce système est inutilisable en ville à cause des multiples sources de chaleur comme les lampadaires.

3.11. Détection d'angle mort / Assistance de changement de bande

Les systèmes de détection d'angle mort ou d'assistance au changement de bande sont un outil qui pourrait devenir indispensable. En effet, si on prend un exemple de situation critique qui est classique et courant dans le trafic urbain: avant de dépasser ou de changer de bande, le conducteur regarde dans le rétroviseur latéral et observe que la voie est libre; à ce moment, une voiture, qui était "cachée" par l'angle mort apparaît soudain dans le champ de vision, au moment précis où le conducteur va changer de bande. Si le véhicule n'est pas équipé d'un système de détection, il y a de forts risques de collisions. Nous allons donc voir les différents types de détecteurs qu'il existe et comment ils peuvent avertir le conducteur.

Il existe plusieurs types de détecteurs, mais nous allons en présenter uniquement deux car ce sont les deux types de détecteurs qui marcheront le plus souvent.

3.11.1. La caméra

Le principe de ce détecteur consiste en une caméra qui est fixé sous le rétroviseur et qui scrute l'arrière de la voiture dans une direction bien précise. Ce système est couplé à un microprocesseur qui analyse les images et la caméra peut prendre jusqu'à 25 images à la seconde. Si une voiture rentre dans le champ d'action de la caméra, un voyant situé au niveau de la porte, à hauteur du rétroviseur, s'allume pour alerter le conducteur qu'il y a un autre véhicule dans son angle mort. Évidemment, les objets détectés sont en mouvement et ce dispositif est installé des deux côtés de la voiture. La zone couverte par la caméra est de 3 mètres de large pour 10 mètres de long. Mais la principale limite de ce dispositif est la condition météo. En effet, s'il y a du brouillard, par exemple, le fonctionnement de la caméra n'est plus assuré.



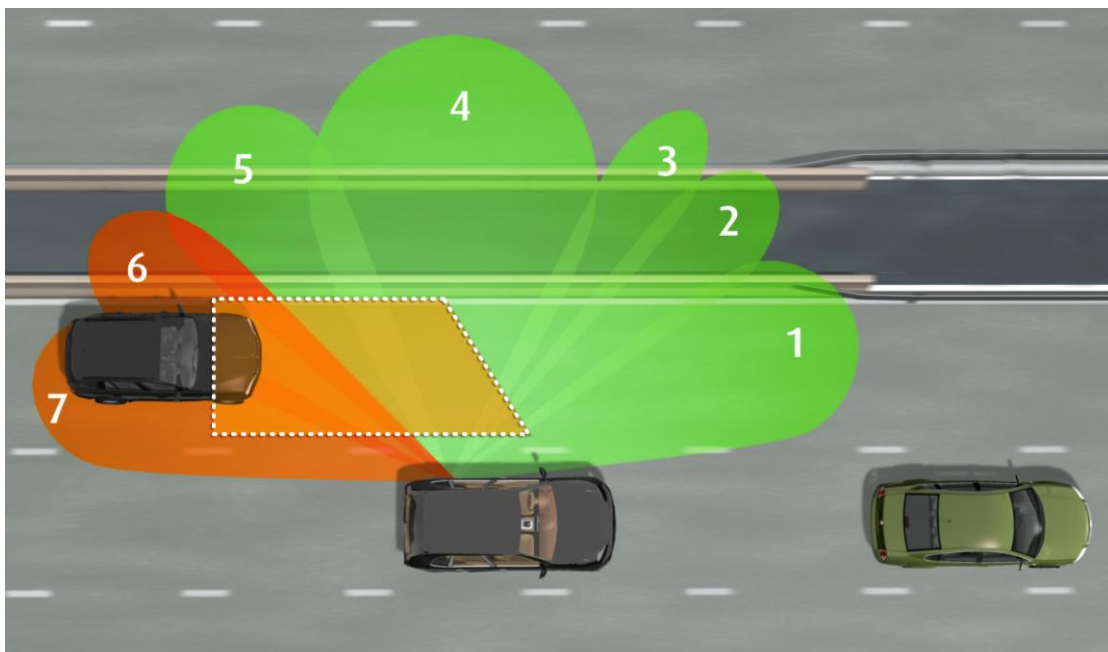
3.11.2. Le radar

Le principe de ce détecteur est le même que celui de la caméra : il y a un radar placé de part et d'autre de la voiture et ils sont généralement intégrés dans le pare-chocs arrière. Lorsqu'un véhicule rentre dans la zone d'observation des radars, le voyant intégré dans le rétroviseur s'allume, comme on peut le voir sur la figure 1.





Le radar opère en hyper fréquence, généralement à une fréquence de 24GHz. Comme on peut le voir sur la figure 2, le capteur réalise par intermittence un balayage électronique du faisceau radar sur une zone caractérisée par un angle d'ouverture de 150° et une portée maximale de 50 mètres maximum.



En ce qui concerne le radar, la zone de détection s'étend jusqu'à 3,5 mètres sur le côté du véhicule et de 6 à 9 mètres en arrière du rétroviseur, ce qui est la zone représentée en pointillés sur la figure ci-dessus. Il faut également noter que cette technologie fonctionne dans la plupart des conditions météorologiques et que certaines voitures sont déjà équipées de ce système.

3.12. Le système d'alerte en cas d'altération des facultés du conducteur

Le système d'alerte en cas d'altération des facultés du conducteur sert à détecter la somnolence du conducteur. Cela peut être fait de différentes manières: en suivant les traits du visage, les mouvements des mains et les mouvements des pieds du conducteur, en analysant la fermeture des yeux et la position de la tête ou en suivant les variations du rythme cardiaque. Ces informations ou la combinaison de plusieurs facteurs sont analysées en permanence et une alerte est envoyée au conducteur en cas de somnolence ou de



distraction.

Parmi tous ces exemples, seuls deux sont réellement satisfaisants, à savoir : le suivi des traits du visage et l'analyse de la fermeture des yeux. Ce sont ces deux éléments qui aujourd'hui sont les plus avancés technologiquement. En effet, l'analyse de la position de la tête, par exemple, reste encore complexe. Cependant, nous présenterons une autre partie qui, elle, concerne l'étude du comportement de la voiture et non celui du conducteur.

3.12.1. Analyse du conducteur

Les principaux dangers qui guettent les conducteurs sont la somnolence et l'inattention au volant. Ce sont des caméras couplées à des alertes visuelles, auditives ou vibratoires qui permettent au pilote de réagir avant qu'il ne soit trop tard.

Le dispositif baptisé "Driver Attention Warning System" comprend deux caméras dirigées vers les yeux du conducteur. Comme elles fonctionnent à l'infrarouge, leur efficacité n'est même pas mise en échec si ce dernier porte des lunettes de soleil. Si elles repèrent un taux de clignements d'yeux du conducteur trop élevé, un léger son de cloche se fait entendre dans l'habitacle et la question "Fatigué ?" apparaît sur le combiné d'instrumentation de la voiture. Et si le pilote ne réagit pas et que les mouvements de son regard continuent à trahir sa perte d'attention, le système audio de la voiture le prévient en lui annonçant : "Vous êtes fatigué !". Ainsi, si son inattention persiste, la phrase "La fatigue vous met en danger – arrêtez-vous lorsqu'il en est encore temps !" lui est répétée à un niveau sonore de plus en plus élevé jusqu'à ce qu'il réagisse et remette à zéro le système qui se réactive alors automatiquement. Le conducteur devrait donc théoriquement avoir pris conscience de sa somnolence.

Les ingénieurs visent non seulement à lutter contre la somnolence au volant, mais aussi contre les moments d'inattention des conducteurs, les secondes d'absence qui peuvent avoir des effets désastreux. Une des caméras situées dans l'habitacle surveille donc les pupilles du conducteur. Dès que celles-ci se détournent de la "zone d'attention prioritaire" qui détermine la conduite, une minuterie se déclenche. Si le regard du pilote reste plus de deux secondes hors de cette zone, son coussin de siège se met à vibrer jusqu'à ce que son regard reprenne une direction satisfaisante.

La caméra est capable d'analyser avec finesse les mouvements oculaires du pilote, et ne déclenche donc pas la minuterie si les coups d'œil se portent temporairement aux rétroviseurs intérieurs ou extérieurs. En revanche, si le conducteur passe trop de temps le regard tourné vers son lecteur CD, vers sa boîte à gant ou vers l'arrière pour discuter avec un passager, la minuterie se met irrémédiablement en route.

3.12.2. Analyse du véhicule

Le système DAC, pour *Driver Alert Control*, vise à favoriser l'analyse du comportement de la voiture sur la route au lieu du comportement du conducteur qui, selon eux, est trop sujet à caution. En effet, les ingénieurs qui ont élaboré ce système pensent que " la technique de surveillance des yeux n'est pas encore assez élaboré ". Le principe du système est de voir si le comportement de la voiture est anormal sur la route, en d'autres termes, s'il se passe quelque chose. Si c'est le cas, alors le système se déclenche et avertit le conducteur qu'il est possible qu'il soit inattentif.





3.13. Gestion dynamique du trafic

De nos jours, le réseau routier est surchargé. En effet, avec une moyenne de 500 voitures pour 1000 habitants en France, il n'est pas simple de réguler le flux de voitures surtout au moment de congestions. De plus, il est impossible aujourd'hui de construire de nouvelles routes par manque d'espace. C'est pourquoi la grande problématique de la gestion dynamique du trafic est d'optimiser le réseau déjà existant. En effet, depuis plusieurs années déjà, les routes sont équipées de PMV (panneau à messages variables) qui sont dynamiques et informent les usagers en temps réel, mais aussi de voies annexes qui peuvent être ouverte à la circulation sous condition. Nous allons donc voir les moyens qui permettent une gestion dynamique du trafic.

3.13.1. Gestion dynamique des voies de circulation

3.13.1.1. *Les voies réversibles*

C'est une gestion dynamique des voies grâce à l'affichage de « croix rouge et croix verte ». En effet, on peut choisir d'ouvrir ou de fermer des voies de circulation grâce à ce système. On considère ces voies comme réversibles car elles peuvent être affectées dans un sens ou dans un autre de la circulation, en fonction des besoins. L'affectation des voies est réalisée grâce au SAV (signaux d'affectation de voies).



Exemple de SAV



3.13.1.2. Variation du nombre de voies dans le même sens

Ce système consiste principalement à utiliser la bande d'arrêt d'urgence en cas de gros trafic. En effet, deux exemples sur la périphérie de Paris : les autoroutes A3 et A4. En effet, dans le premier cas, aux heures de pointe, la voie réservée aux arrêts d'urgence est ouverte à la circulation pour fluidifier le trafic. Cependant, si jamais un accident se produit sur la route, la voie est alors restituée à sa fonction principale, c'est-à-dire à la bande d'arrêt d'urgences. En effet, grâce à un système de biseaux de rabattements automatique qui se déploie lorsqu'un accident est détecté, la voie peut rapidement redevenir fonctionnelle.



Exemple de biseaux de rabattements

Dans le deuxième cas, il y a une voie appelée « voie auxiliaire » qui à la fonction de bande d'arrêt d'urgence la plupart du temps, sauf quand le trafic routier est élevé et que la sécurité des conducteurs n'est pas mise en danger. Cependant, le SISER tient à dire que le statut de cette voie n'est « ni celui d'une bande d'arrêt d'urgence ni celui d'une voie circulée, mais plutôt d'un objet nouveau à caractère dual ».

3.13.1.3. Voies réservées à certaines catégories de véhicules

En France, nous avons souvent l'habitude des voies réservées aux bus. En effet, réserver des voies de circulation à certaines catégories de véhicule est un moyen de gérer dynamiquement le trafic et de favoriser certaines catégories de véhicules telles que les transports en commun ou encore le covoiturage. En effet, on peut voir de plus en plus se démocratiser des voies spécifiques réservées au covoiturage, surtout aux Etats-Unis et au Canada. Ces voies à occupation multiples sont ouvertes aux véhicules transportant plus d'une personne. Cependant, ce système est relativement jeune, donc il n'est pas encore très utilisé. En effet, ces voies sont moins utilisées que les voies classiques. Mais il ne faut pas oublier que l'un des principaux objectifs de ce type d'action est de réduire le trafic tout en transportant autant de personnes.

3.13.2. Régulation dynamique des accès et des vitesses

3.13.2.1. La régulation dynamique des accès

Le principal problème de la gestion dynamique du trafic est de gérer les moments de congestion. En effet, ces moments de congestions sont dus à un manque de capacité des voies de circulations. Généralement ce manque de capacité est du soit à une demande trop forte, qui sont considéré comme des congestions dites récurrentes, soit à une réduction du nombre de voies du à des accidents, ou encore à des travaux. C'est pourquoi la régulation dynamique des accès est un bon moyen de gérer ces moments de congestions. En effet, ce système est surtout utilisé lors des congestions dites récurrentes. Son principe est de réguler le trafic en limitant l'accès des voitures à la voie grâce à un feu. La voie d'accès sert, en



définitive, à une voie de stockage lorsque le feu est rouge et que les vitesses sur la voie risquent de fortement diminuer si l'on autorise de nouvelles voitures à venir sur la voie principale.

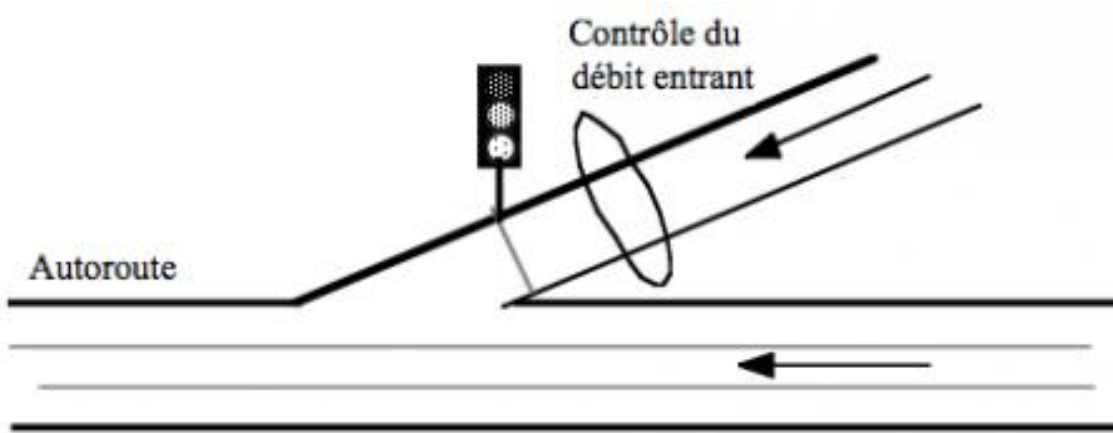


Schéma d'une régulation dynamique d'accès

Pour installer ce genre de système, il existe plusieurs sortes de mise en place : le système adaptatif et le système par cycle. Le premier système consiste à tenir compte du flux routier. En effet, des capteurs doivent être placés sur la voie principale et la voie d'accès pour estimer les vitesses des voitures, le taux d'occupation et les débits pour générer des calculs qui serviront à gérer les feux d'accès. Ainsi, le calcul est transformé en temps optimal pour que le feu d'accès reste vert. Cependant, ce système n'est pas le plus simple. En effet, le système qui fonctionne grâce à des cycles selon la plage horaire est beaucoup plus simple à mettre en place. Malgré le fait que les voitures passent soit par « paquet de véhicules » soit au « goutte à goutte », le principal problème est que ce système ne tient pas compte des fluctuations en temps réel, et se base uniquement sur des heures estimées creuses ou pleines.

3.13.2.2. Régulation des vitesses

Ce système est principalement supporté par les panneaux à messages variables. En effet, ceux-ci peuvent afficher différents messages en fonction du flux de véhicules. Par exemple, ils peuvent prévenir d'un accident dans un certains nombre de kilomètres, et ainsi nous forcer à respecter une certaine vitesse pour éviter qu'il n'y ait de bouchon. Ou encore, il est très fréquent qu'en pic de pollution, les panneaux à messages variables affichent une limitation de vitesse à ne pas dépasser. Mais le principal problème de cette régulation est qu'elle dépend du bon vouloir des automobilistes. En effet, il n'y a aucun moyen de contrôle.

3.14. Reconnaissance des panneaux de signalisation

La reconnaissance des panneaux de signalisation vise à détecter les panneaux de signalisation, de limitation de vitesse notamment, et à les interpréter.

Ce système commence à faire son apparition sur des modèles automobiles haut de gamme.

La reconnaissance se déroule le plus souvent en trois étapes majeures :

- la détection
- la reconnaissance
- l'intégration temporelle



3.14.1. La détection

Deux grandes catégories de détection sont utilisées :

- la segmentation par couleur
- la segmentation par contours de forme

3.14.1.1. *La segmentation par couleur*



La segmentation par couleur est la méthode la plus souvent utilisée lors de l'étape de détection des panneaux de signalisation. En effet, les panneaux de signalisation de vitesse européens sont cerclés de rouge.

Cette segmentation consiste le plus souvent en un seuillage des différentes composantes du modèle RGB (Red, Green, Blue).

Cependant, cette technique peut poser problème dans certaines situations :

- au cours de la nuit où le contraste des images est fortement réduit
- dans de mauvaises conditions climatiques pour les mêmes raisons

Ainsi, des études ont montré que cette technique n'était pas la plus efficace pour une détection fiable en temps réel (Bargeton).

La segmentation par couleur ne paraît donc pas très adaptée à la détection des panneaux de signalisation.

3.14.1.2. *La segmentation par contours de forme*

Les panneaux de changement de vitesse sont de forme circulaire. Plusieurs algorithmes de reconnaissance de forme peuvent être employés. Parmi les plus employés, citons :

- l'algorithme de Hough
- la « distance transform » (DT)
- la corrélation rapide
- des méthodes issues de l'apprentissage numérique

dont voici quelques détails supplémentaires pour les deux principales :

3.14.1.2.1. *L'algorithme de Hough*

Le principe de l'algorithme de Hough est assez simple. A partir du contour d'un objet, il consiste à tracer les droites perpendiculaires. Ainsi, les points de l'image ayant un grand nombre d'intersections de droites sont considérés comme des centres de cercle. En effet, le cercle possède un centre de symétrie qui laisse la forme inchangée.

Avantages

Cet algorithme est robuste, c'est à dire qu'il est capable de maintenir des performances décentes lorsqu'il est soumis à de petites variations de conditions expérimentales, telles



celles susceptibles de se produire au cours d'une utilisation réelle.

Cependant, cet algorithme peut se révéler assez lent pour analyser des images en haute définition, ce qui pose évidemment des problèmes dans le cas d'une utilisation en temps réel, pour résoudre ce problème particulier, cet algorithme est souvent employé sur des images de résolution réduite.

3.14.1.2.2. *La carte des distances (distance transform)*

La carte de distances est une manière de représenter une image numérique. Elle associe à chaque pixel de l'image la distance (par exemple les points du contour de formes) au point obstacle le plus proche. Il existe de différentes transformées de distances selon la distance choisie (distance euclidienne, distance « de Manhattan »).

3.14.2. La reconnaissance

Cette étape consiste à supprimer d'éventuels faux positifs des zones d'intérêt trouvées au cours de la détection.

La méthode utilisée dans la reconnaissance sera ici la **corrélation croisée**.

La corrélation d'images est une méthode optique 2D ou 3D qui permet de mesurer les déplacements entre deux images grâce à la fonction de corrélation croisée.

Chaque image est considérée comme une fonction de deux variables (longueur et largeur) dont la valeur est le niveau de gris associé à chaque pixel.

L'opérateur de corrélation est un opérateur qui va agir sur ces deux fonctions. Plus les images sont semblables, plus il sera proche de 1, plus elles sont différentes, plus il tendra vers (-1).

La corrélation d'image possède l'avantage de mesurer de façon assez rapide le « degré de ressemblance » entre la partie d'image que l'on cherche et l'image réelle.

Cependant, si l'image traitée est trop petite (s'il n'y a pas assez de pixels), l'opérateur n'aura pas assez d'information et ses résultats seront nettement moins significatifs.

3.14.3. L'intégration temporelle

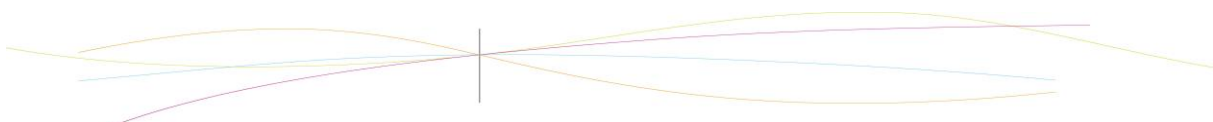
Ne considérer qu'une seule image à la fois soulève 3 problèmes :

- cela ne permet pas de prédire la position et la taille des panneaux
- il est difficile de détecter correctement un panneau temporairement masqué
- il est difficile de détecter les faux positifs à partir d'une seule image

Pour les résoudre, des approches de fusion temporelle permettent d'obtenir une meilleure détection globale.

- S'intéresser uniquement à la succession des détections à chaque image
- Tenter de prédire la position des feux dans les futures images à partir des détections antérieures

3.15. Assistant de feux de signalisation



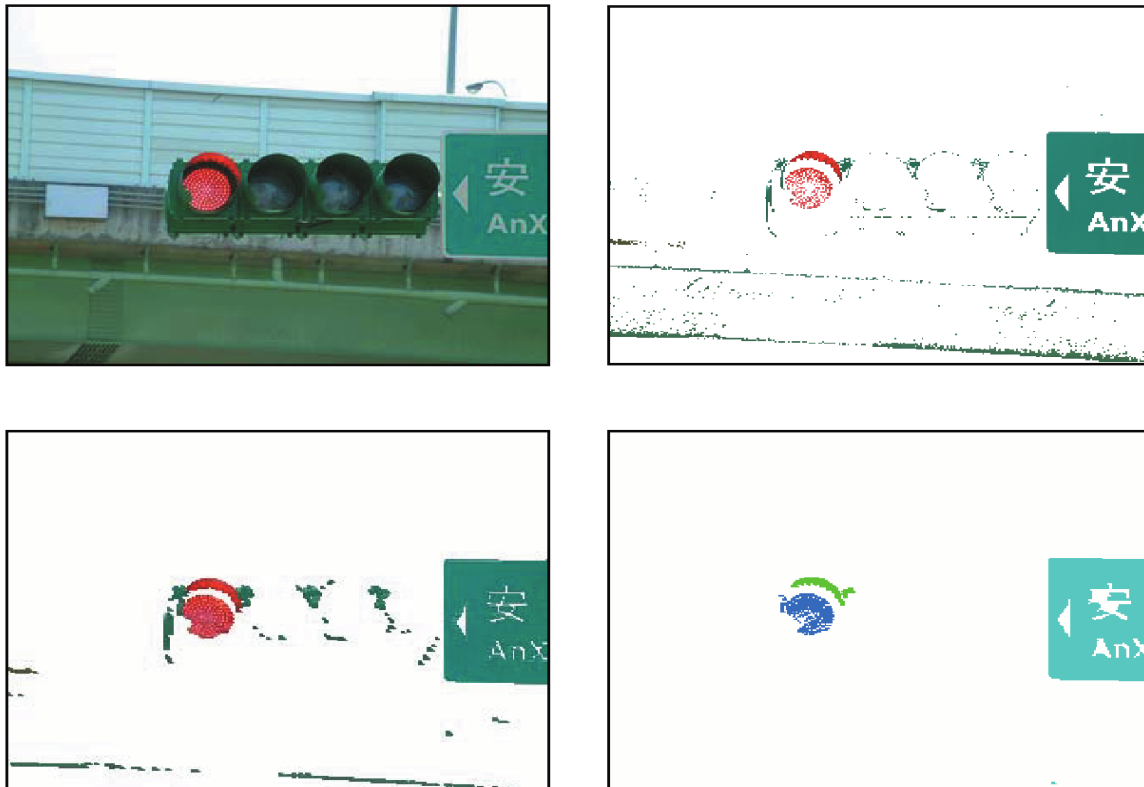
Ce système connu sous le nom de TLR (trafic light recognition) vise à identifier l'état des feux de signalisation aux carrefours.

Le principe est très similaire à celui de la reconnaissance de panneaux de signalisation avec les même grandes étapes :

- détection
- reconnaissance
- intégration temporelle

Les seules spécificités viennent du fait que les feux de signalisation sont lumineux, et donc que leur détection est moins sensible aux conditions météorologiques. Ainsi, la segmentation par couleur, qui s'avère assez peu robuste pour la détection de panneaux est ici plus appropriée.

Exemple de segmentation de couleur sur une image réelle



3.16. Adaptation intelligente de vitesse (ISA)

Il existe deux types d'ISA. Les actifs et les passifs.

Les deux types d'assistants de changement de vitesse, passif et actif diffèrent par le fait que les systèmes passifs avertissent simplement le conducteur du véhicule d'une vitesse excessive, alors que les systèmes actifs interviennent et corrigent automatiquement la vitesse du véhicule pour qu'il se conforme à la limite de vitesse.



Les systèmes passifs sont généralement auditifs ou visuels : ils alertent le conducteur qu'il est en excès de vitesse, fournissent des informations sur la limite de vitesse courante, et laissent au conducteur le choix d'agir en conséquence.

Quelques systèmes passifs utilisent des véhicules modifiés pour fournir un retour de force, par exemple, en durcissant la pédale d'accélérateur à l'approche de la vitesse limite.

En pratique, les systèmes actifs agissent sur la vitesse du véhicule en agissant sur le moteur et/ou le système de freinage directement. La plupart de ces systèmes peuvent être désactivés au besoin par le conducteur.

Il existe actuellement quatre types de technologies pour déterminer la limite de vitesse sur une route et déterminer la vitesse du véhicule. Elles sont :

- * le GPS
- * les balises radio
- * la reconnaissance optique
- * la navigation par estimation

3.16.1. Les systèmes basés sur le GPS

Malgré leur emploi courant dans les systèmes de navigation automobile, les systèmes GPS souffrent de plusieurs problèmes intrinsèques.

La plupart de ces problèmes sont dus au manque de précision de la localisation. Le récepteur peut continuer de capter le signal des satellites, mais du fait des incertitudes de mesure, des incertitudes temporelles, de la propagation des erreurs et du bruit environnant, la position calculée peut être faussée. D'ordinaire, ces incertitudes sont faibles et vont de 5 à 10 mètres pour la plupart des systèmes, mais dans certaines situations exceptionnelles, elles peuvent aller jusqu'à une centaine de mètres, ce qui peut s'avérer très important si une autoroute est située au bord d'une rue avec une limite de vitesse moins élevée. De plus, du fait que le GPS se base sur un signal émis par satellite en orbite, il ne fonctionne pas quand le récepteur est sous la terre ou sous un tunnel et le signal peut être faussé si des bâtiments, ou des arbres s'interposent entre le récepteur et les satellites.

Pour toutes ces raisons, le système GPS doit être couplé à une carte numérique détaillée (contenant notamment les limitations de vitesse) pour toute utilisation dans des systèmes intelligents. Néanmoins, à moins que cette carte soit mise à jour en temps réel, ce qui reste assez rare, ce système ne pourra pas détecter des limitations temporaires de vitesses comme lors de travaux, ou les limitations de vitesse de routes construites après la dernière mise à jour de la carte.

Ainsi, même s'il s'avère un outil précieux pour l'adaptation automatique de la vitesse, le GPS ne remplace pas complètement des outils tels que les détecteurs de panneaux de signalisation.

3.16.2. Les balises radio

Avec ce système, des balises radios installées au bord des routes enverraient des informations aux véhicules. Les informations seraient envoyées en continu par les balises, et captées par les véhicules équipés. Ces informations pourraient être, entre autres, les limitations de vitesse locales, des zones d'école, des limitations de vitesse temporaires ou d'éventuels problèmes de trafic.

Ce système a l'avantage d'être totalement indépendant des conditions météorologiques, et d'être fiable (pas de problèmes de mesures ...).



Cependant, équiper toute les routes existantes avec un tel système paraît illusoire à court terme étant donné l'investissement qu'il représenterait. De plus, il faudrait également que tous les véhicules disposent d'un système universel pour décoder ces signaux.

3.16.3. Les défauts de l'ISA

De nombreuses réserves ont été exprimées au sujet des systèmes d'ISA. On lui reproche notamment d'inciter les conducteurs à rouler à la vitesse limite plutôt qu'en fonction des conditions environnantes, et de déresponsabiliser le conducteur.

Pour résoudre le premier point, certains concepteurs de système d'ISA utilisent une base de données des vitesses contenant non seulement la vitesse maximum autorisée, mais aussi une vitesse conseillée. Des tests ont ainsi été réalisés dans la région du sud de Sydney (Illwarra).

Concernant l'accusation de déresponsabilisation du conducteur qui en viendrait à se reposer entièrement sur ce système, il faut rappeler que ce problème ne concerne que les systèmes d'ISA de type actif et ne concernent pas que l'ISA, mais aussi les régulateurs de vitesse qui sont utilisées depuis plusieurs années.

Cette crainte n'est toutefois pas infondée et certaines études pointent du doigt le fait que les conducteurs utilisant des systèmes d'ISA ont tendance à rouler à la vitesse maximum autorisée par le système.

Néanmoins, les conducteurs interrogés ont déclaré pouvoir prêter plus d'attention à la route et à l'environnement routier du fait qu'ils n'avaient plus besoin de surveiller et réguler constamment leur vitesse.



4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le véhicule du futur sera sans aucun doute un véhicule intelligent, intégrant de nombreux capteurs permettant d'assister, voir d'automatiser la conduite. Ce véhicule mettra en œuvre toutes les nouvelles technologies permettant de le rendre plus sûr, plus propre et plus performant.

De nombreux projets européens et internationaux de recherche et développement sont en cours dans le but de produire des véhicules de plus en plus intelligents, intégrant des fonctions classiques comme l'ABS jusqu'aux fonctions les plus innovantes comme le contrôle de vitesse adaptatif ou encore la vision embarquée. Toutes ces avancées sont désormais possible grâce aux progrès réalisés dans le domaine des capteurs, du traitement du signal et des télécommunications, qui permettent d'envisager des équipements assez compacts et fiables pour être embarqués sur automobiles et surtout avec des coûts rendant possible une production en série. En effet, durant le semestre, nous avons cherché à savoir quels étaient les différents systèmes dits « intelligents » sur les voitures. Nous en avons dénombrés près d'une vingtaine. Cette recherche nous a permis d'en apprendre beaucoup plus sur ces différentes technologies embarquées.

A plus long terme, ces technologies pourraient permettre une conduite totalement automatisée. Des prototypes y parviennent déjà, mais dans des situations précises, c'est-à-dire sur des routes adaptées et bien délimitées dans un environnement simple où les obstacles ne sont pas très présents. De nombreux défis technologiques restent donc à relever, notamment en vision embarquée, qui est actuellement un des systèmes le plus étudié et dont nous avons pu comprendre le fonctionnement grâce à une intervention de notre tuteur de projet.

Cependant la problématique du véhicule intelligent ne se réduit pas à des questions technologiques. En effet, se pose également la question fondamentale de la place du conducteur, à travers l'interface homme machine et le degré d'automatisation du système. Durant l'UV il aurait été intéressant de pouvoir manipuler, de faire quelques tests avec la vision embarquée par exemple, pour nous donner un côté pratique à notre projet.

Jusqu'où peut aller la technologie ?



5. BIBLIOGRAPHIE

- **Vroom** « nissan fuega, une berline sportive de luxe », *Actualité automobile*
<http://www.vroom.be/fr/actualite-auto/1884,nissan-fuga-berline.html>
- **Itscost** « »
<http://www.itscosts.its.dot.gov/its/benecost.nsf/SingleLink?OpenForm&Tax=Intelligent+Vehicules+Driver+Assistance+Adaptive+Cruise+Control&Location=Benefit>
- **Cartech** « regulateur intelligent »
<http://www.cartech.fr/news/nissan-regulateur-vitesse-intelligent-39376623.htm>
- **Volvo truck** « intelligent electronics »
http://www.volvotrucks.com/trucks/belgium-market/fr-be/aboutus/Safety/Preventing%20Accidents/Pages/Intelligent_electronics.aspx
- **Valeo** « détection dans l'angle mort »
<http://www.valeo.com/innovation/fr/home/driving-assistance/products/detection-dans-l-angle-mort.html#fr/home/driving-assistance/products/detection-dans-l-angle-mort/>
- **Visiocrp** « blind spot detection »
<http://www.visiocrp.com/pages/products/mirrors/blind-spot-detection.html>
- **UTC** « presentation1sy21 »
<http://otybo.free.fr/upload/File/SY21/presentation1SY21.ppt>
- **Autonews** « alertes de vigilance conducteur »
http://archive.autonews.fr/fr/cmc/conseil/200747/alertes-de-vigilance-conducteurs_12997.html
- **Science et avenir** « un système d'alerte contre la somnolence »
http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/sciences/homme_et_societe/20091222.OBS1457/un_systeme_dalerte_contre_la_somnolence.html
- **Autoactualité** « volvo au salon de détroit 2008 »
<http://www.autoactualites.com/2008/01/11/volvo-au-salon-de-detroit-2008/>

- **Certu** « gestion du trafic »

http://www.certu.fr/fr/Sécurité_et_circulation_routières-n28/Gestion_du_trafic-n129-s_thematique.html

- **Setra equipment** « »

www.setra.equipement.gouv.fr/IMG/.../Pres_poster296FR.pdf

- **Cotita centre est** « »

www.cotita-centre-est.fr/IMG/pdf_8_S-CHANUT.pdf

- **Dynamique covoiturage**

« Aux Etats Unis, des voies réservées et des parcs relais pour le covoiturages »

<http://dynamique-covoiturage.com/2010/01/14/aux-etats-unis-des-voies-reservees-et-des-parcs-relais-pour-le-covoiturage/>

- **Wikipedia** « Covoiturage »

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Covoiturage>

- **Gwenaëlle TOULMINET, Stéphane MOUSSET, Abdelaziz BENSRAHAI**

« Extraction auto-adaptative des contours 3D des obstacles routiers par stéréovision. 2003 »

- **Vincent LEMONDE, Michel DEVY**

« Détection d'obstacles par stéréovision sur véhicules intelligents. »

- **Gwenaëlle TOULMINET, Abdelaziz BENSRAHAI, Stéphane MOUSSET, Alberto BROGGI, Pierre MICHE**

« Système de stéréovision pour la détection d'obstacles et de véhicule en temps réel. »

- **Nicolas BRIEU, Thibaud CHABRELIE, Jean-Laurent COULEAU, Patrick STERLIN, Yassine TKITO, Roman TREVISIOL, Paul WILCZYNSKI**

« Le véhicule intelligent. » Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications. *Projet pluridisciplinaire 2004.*

- **Mehdi DAROUICH, Stéphane GUYETANT, Dominique LAVENIER**

« Architecture flexible pour la stéréovision embarquée. »

- **Nicolas SIMOND**

« Localisation robuste d'un véhicule en environnement urbain à l'aide d'un système de



stéréovision. » *Automatique traitement du signal et des images.*

Nice : Université de Nice-Sophia Antipolis, 2005.

- **Mohamed HARITI, Yassine RUCHEK, Abderrafiaa KOUKAM**

« Une méthode rapide de mise en correspondance stéréoscopique pour la détection d'obstacles à l'avant d'un véhicule. »

- **Mehdi DAROUICH, Stéphane GUYETANT, Dominique LAVENIER**

« Architecture flexible pour la stéréovision embarquée » (*10 octobre 2008*)



