

12)

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

22) Date de dépôt : 27.06.05.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.12.06 Bulletin 06/52.

56) Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés : Certificat d'utilité résultant de la transformation volontaire de la demande de brevet déposée le 27/06/05.

71) Demandeur(s) : RENAULT SAS Société par actions simplifiée — FR.

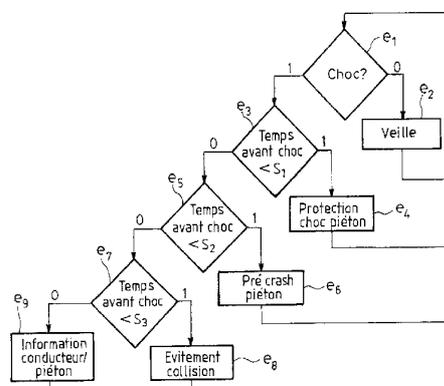
72) Inventeur(s) : WAKIM CHRISTOPHE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET JP COLAS.

54) PROCÉDE ET SYSTEME EMBARQUE DE PREDICTION DE CHOC ENTRE UN VEHICULE ET UN PIETON.

57) L'invention concerne un système embarqué de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, comprenant des moyens de détection de piétons à distance associés à des moyens de prédiction de leur trajectoire, et des moyens de détection du fonctionnement du véhicule et des moyens de détection du comportement du conducteur associés à des moyens de prédiction de la trajectoire du véhicule, comprenant de plus une unité centrale de contrôle recevant des informations sur le piéton détecté en provenance des moyens de prédiction de trajectoire et des informations sur le véhicule et sur le comportement du conducteur en provenance des moyens de détection de sa trajectoire, et délivrant des informations de prédiction d'un éventuel choc véhicule/piéton, constituées notamment d'un temps avant impact (TTI), d'une zone d'impact (ZIP) et d'une probabilité de choc (P_c), à des systèmes de contre-mesure qui se déclenchent successivement selon leurs seuils respectifs.



PROCEDE ET SYSTEME EMBARQUE DE PREDICTION DE CHOC ENTRE UN VEHICULE ET UN PIETON.

5 L'invention concerne un système embarqué de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton, considéré comme un usager vulnérable de la route dont il faut assurer la sécurité à partir du véhicule. Elle concerne également un procédé de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, mis en œuvre par ledit système embarqué.

10 L'industrie automobile s'intéresse de plus en plus aux usagers vulnérables de la route, parmi lesquels les piétons constituent la grande majorité et l'instauration de tests chocs piétons, au sein des tests EURO NCAP, illustre son intérêt pour les piétons. La première génération de systèmes actifs de protection des piétons est destinée à détecter un choc véhicule/piéton par des capteurs de contact installés sur la face avant
15 du véhicule, afin de déclencher des moyens de protection de type « capot actif » ou « airbags piétons ».

Actuellement, en dehors de la détection de choc piéton, qui consiste à détecter que l'obstacle effectivement heurté par le véhicule est bien un piéton, il existe des
20 systèmes de détection de piéton à distance, présent dans le champ de détection d'un capteur à distance (caméra mono ou stéréovision, visible ou infra rouge, caméra 3D active, PMD, LIDAR, Radar, télémètre à balayage, ultrasons...) autour du véhicule.

Notamment, la demande de brevet US 6 035 053, au nom de Mazda Motor
25 Corporation, décrit un système de détection de collision en se basant sur la notion de danger, délimité par des seuils sur la position de l'obstacle, et la demande de brevet EP 1 095 832, au nom de Director General of Public Works Research Institute (JP), traite également les accidents de piétons, mais en s'appuyant sur une coopération avec l'infrastructure routière « intelligente », ce qui impliquerait que des systèmes
30 électroniques équipent le bord de toutes les routes.

La prédiction de choc piéton en elle-même a déjà fait l'objet d'une demande de brevet FR 03 15548 au nom de RENAULT, déposé le 31 décembre 2003. Cette
35 prédiction repose sur un modèle probabiliste de trajectoires.

Le but de l'invention est de proposer un système amélioré pour la sécurité des piétons, système embarqué sur le véhicule équipé, autonome et ne nécessitant pas d'interactions avec d'autres systèmes sur les autres véhicules, piéton et/ou infrastructure.

Pour cela, un premier objet de l'invention est un système embarqué de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, comprenant d'une part des moyens de détection de piétons à distance associés à des moyens de prédiction de leur trajectoire, et d'autre part des moyens de détection du fonctionnement du véhicule et des moyens de détection du comportement du conducteur associés à des moyens de prédiction de la trajectoire du véhicule, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une unité centrale électronique de contrôle recevant des informations sur le piéton détecté en provenance des moyens de prédiction de trajectoire et des informations sur le véhicule et sur le comportement du conducteur en provenance des moyens de détection de sa trajectoire, et délivrant des informations de prédiction d'un éventuel choc véhicule/piéton, constituées notamment d'un temps avant impact, d'une zone d'impact et d'une probabilité de choc, à des systèmes de contre-mesure qui se déclenchent successivement selon leurs seuils respectifs.

Selon une autre caractéristique du système embarqué de prédiction de choc, l'unité centrale électronique de contrôle est reliée à des moyens de veille, des moyens d'information du conducteur du véhicule et d'information du piéton, des moyens d'évitement d'une collision, des moyens de mise en œuvre d'un pré crash avec un piéton et des moyens de protection de choc piéton, auxquels elle délivre des ordres de déclenchement.

Un second objet de l'invention est un procédé de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, mis en œuvre par le dispositif précédent, comprenant une étape de détection de piétons à distance suivie d'une étape de prédiction de leur trajectoire, une étape de détection du fonctionnement du véhicule et une étape de détection du comportement du conducteur associée à une étape de prédiction de la trajectoire du véhicule, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape de traitement des informations de prédiction de la trajectoire des piétons détectés et de prédiction de la trajectoire du véhicule, pour calculer des informations de prédiction d'un éventuel choc véhicule/piéton, constituées notamment d'un temps avant impact, d'une zone d'impact et d'une probabilité de choc, et délivrer des ordres de déclenchement à des systèmes de contre-mesure.

Selon une autre caractéristique du procédé de prédiction de choc, il comporte de plus une étape de calcul d'une probabilité de choc pondérée P_{op} , obtenue en multipliant la probabilité de choc initiale P_C par deux fonctions de pondération, ou poids, l'une p_{TTI} due au temps avant impact et l'autre p_{ZIP} due à la localisation de l'impact :

$$P_{CP} = P_C * p_{TTI} * p_{ZIP}$$

Selon une autre caractéristique du procédé de prédiction de choc, il réalise les étapes suivantes :

- 5 - une étape e1) de calcul de la probabilité de choc pondérée qui
- a) dans le cas où la probabilité est nulle, donc aucun risque de choc détecté, pas de zone de choc ou de temps avant impact prévus, est suivie d'une étape e2) de maintien en veille du système, et
 - b) dans le cas où la probabilité est non nulle, donc qu'un risque de choc est
- 10 détecté entre un piéton et un véhicule et à mesure que le temps avant impact se réduit, est suivie par :
- une étape e3) de comparaison du temps avant impact TTI avec un premier seuil S_1 , qui
 - a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil, est suivie d'une
- 15 étape e4) de protection du piéton lors du choc par déclenchement des dispositifs de protection passive, et
- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil, est suivie par :
 - une étape e5) de comparaison du temps avant impact TTI avec un deuxième seuil S_2 , supérieur au premier seuil S_1 , qui
- 20 a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil S_2 , est suivie d'une étape e6) de commande d'un ordre de déclenchement d'une procédure de pré crash piéton par freinage d'urgence, et pré activation des systèmes de protection passive de choc piéton, et
- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil S_2 :
 - étape e7) : comparaison du temps avant impact TTI avec un troisième seuil S_3 , supérieur au deuxième seuil S_2 , qui
 - a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil S_3 , est suivie
- 30 d'une étape e8) d'évitement de collision par calcul de la trajectoire optimale d'évasion et déclenchement du système de contrôle de trajectoire du véhicule en vue d'une modification automatique de la trajectoire du véhicule, par combinaison d'actions sur la direction vers la gauche et/ou la droite, et sur la vitesse du véhicule par accélération et/ou freinage, et
- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil S_3 , est suivie
- 35 d'une étape e9) de commande d'un ordre d'information du conducteur et/ou du piéton par déclenchement d'un signal d'alerte.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'exemples de réalisation non limitatifs, illustrée par les figures suivantes qui sont :

- la figure 1 : les trois phases principales de la protection des piétons,
- 5 - la figure 2 : un système permettant de connaître la probabilité de choc véhicule/piéton,
- la figure 3 : une vue de dessus d'un véhicule et d'un piéton devant le capot,
- la figure 4 : un exemple de modélisation géométrique d'un choc frontal entre un véhicule et un piéton,
- 10 - les figures 5 à 7 : trois variantes de définitions de la zone de choc correspondant à la description respectivement de la zone de choc simple, de la zone de choc « plus fine » et de la zone de choc « continue »,
- la figure 8 : la courbe de probabilité d'un choc spatial en fonction du temps,
- la figure 9 : la probabilité pondérée de choc en fonction du temps avant impact,
- 15 - figure 10 : la zone de choc prévue, en %, relevée sur le schéma d'un véhicule,
- la figure 11 : la probabilité pondérée de choc en fonction de ladite zone de choc prévue en %,
- 20 - la figure 12 : différents moyens composant un système de protection du piéton,
- la figure 13 : un exemple non limitatif d'organigramme des différentes étapes constituant le procédé de prédiction selon l'invention,
- la figure 14 : un exemple non limitatif des différentes étapes de ce procédé selon l'invention.
- 25

L'invention ayant pour but la protection des piétons aux abords des voies de circulation automobile, elle consiste à détecter et à localiser les piétons présents parmi d'autres obstacles autour d'un véhicule, à prévoir l'évolution du déplacement desdits piétons par rapport audit véhicule, et à leur associer une probabilité de choc avec ledit véhicule équipé ainsi qu'une estimation du temps avant impact et de la zone de choc, avec l'objectif de déclencher les contre-mesures adéquates assurant la protection des piétons. Cette protection des piétons peut être décomposée en trois phases principales, résumées sur le schéma de la figure 1. Une première phase P_1 consiste en l'analyse de la scène routière, soit la détection des obstacles, et parmi eux les piétons, leur position et l'évolution probable du déplacement du piéton repéré ainsi que celle du véhicule. La deuxième phase P_2 consiste, à partir de ces informations, à délivrer une prédiction de choc, avec un temps avant impact et une zone de choc assortis d'une

probabilité de choc, dans le but de réaliser une troisième phase P_3 de déclenchement optimisé des systèmes de contre-mesures.

5 La prédiction d'un choc piéton, c'est-à-dire l'annonce que le véhicule va
prochainement heurter un piéton, implique la prise en compte des incertitudes sur les
évolutions des positions respectives du véhicule et du piéton. Un exemple de système
permettant de connaître la probabilité de choc véhicule/piéton est donné dans le
schéma de la figure 2. Il comprend des moyens 1 embarqués de détection de
10 l'environnement du véhicule, tels des capteurs classiques, reliés à des moyens 2 de
traitement de ces informations, qui réalisent d'une part la détection et la classification
des obstacles trouvés dans l'environnement, en particulier les piétons et d'autre part
l'estimation de leur position et vitesse relatives. Ces informations sur les piétons
détectés sont envoyées à des moyens 3 de prédiction de leur trajectoire, ce qui
15 nécessite un modèle de piéton avec mouvement rectiligne, ou mouvement rectiligne
uniforme, ou mouvement uniformément accéléré, ou modèle probabiliste de trajectoire
piéton par exemple. La détection des piétons peut être faite indépendamment de la
détection d'obstacles, ce qui suppose deux types de moyens de détection différents.

Il comprend de plus des capteurs 4 de fonctionnement du véhicule, délivrant
20 notamment sa vitesse, ses accélérations longitudinale et transversale, son angle volant
et d'autres informations relatives au comportement du conducteur, en fonction des
commandes qu'il applique notamment à des moyens 5 de prédiction de la trajectoire
du véhicule, qui nécessitent un autre modèle, avec mouvement rectiligne, mouvement
rectiligne uniforme, mouvement uniformément accéléré, modèle roues arrières, ou bien
25 encore modèle probabiliste de trajectoire véhicule.

Une unité centrale 6 compare ces deux trajectoires probables et délivre une
prédiction de choc véhicule/piéton aux dispositifs 7 de contre-mesure afin d'optimiser
leur déclenchement en vue de la protection du piéton détecté. Selon l'architecture
30 matérielle retenue, une partie des calculs et traitements pourra être réalisée au niveau
d'unités de calcul dédiées, typiquement dans un sous-système capteur, le traitement
des informations se fait dans ce sous système et une information de plus haut niveau
est ensuite envoyée à l'unité centrale.

35 L'invention concerne uniquement la prédiction des chocs frontaux entre un
piéton et la face avant du véhicule qui est modélisée par un segment ayant pour
dimension la largeur L du véhicule, comme le montre la figure 3, qui est une vue de
dessus d'un véhicule 8 et d'un piéton 9. Le piéton est assimilé à un cylindre de
diamètre $2R$ égal à la largeur maximale d'un piéton moyen et de même hauteur que ce

piéton moyen, de sorte qu'il est possible de définir une zone de choc
véhicule/piéton correspondant à une intersection entre un segment représentatif de la
face avant du véhicule et un disque représentatif de l'enveloppe du piéton, comme le
montre la figure 4 qui est un exemple de modélisation géométrique d'un choc frontal
5 entre un véhicule et un piéton. Par exemple, le diamètre $2R$ est égal à 60 cm.

Trois situations sont mises en évidence :

- il y a choc quand la plus grande partie du piéton est recouverte par l'avant
du véhicule (zone zébrée C).
- 10 • il n'y a pas de choc quand il n'y a pas de recouvrement entre le modèle du
piéton et la face avant,
- il y a ambiguïté choc/non choc quand moins de la moitié du cercle
englobant le piéton est coupée par la face avant (zone en pointillés A).

15 A l'intérieur de la zone d'ambiguïté, il est possible de définir une fonction, du
type gravité de l'impact, qui passerait de manière continue de 0 (pas d'impact) à 1. La
notion de choc correspondrait alors au franchissement d'un seuil à définir. Cette
possibilité de pondérer l'importance ou la gravité d'un impact peut s'avérer intéressante
lors de l'évaluation de systèmes réels : a priori, prédire un choc ayant lieu au milieu de
20 la face avant du véhicule est plus simple qu'un choc avant ayant lieu sur un des bords
gauche ou droit.

Trois variantes de définitions de la zone de choc sont représentées sur les
figures 5 à 7, correspondant à la description respectivement de la zone de choc
25 simple, de la zone de choc « fine » et de la zone de choc « continue ». La zone de
choc simple Z_s , sans zone d'ambiguïté, est un rectangle de largeur égale à $2R$ et de
longueur égale à la somme de la largeur L du véhicule et du diamètre $2R$ du modèle
du piéton. La zone de choc « fine » Z_f est l'association d'un rectangle, de longueur L
et de largeur $2R$, et de deux demi-cercles de rayon R à chaque extrémité. La zone
30 de choc « continue » Z_c a la même forme que la zone précédente mais avec
différentes bandes concentriques B_c correspondant à une probabilité décroissante
de choc quand on s'éloigne du capot du véhicule.

Ces différentes définitions de choc entre un piéton et un véhicule sont
35 indépendantes du temps, aussi le système selon l'invention calcule le premier instant à
partir duquel il y a recouvrement entre le véhicule et le piéton, qui sera appelé instant
d'impact, ou instant de premier impact. Il s'agit d'un rendez-vous spatio-temporel. La
figure 8 est la courbe de probabilité P_c d'un choc spatial en fonction du temps, soit le
taux de recouvrement entre le véhicule et le piéton, présentant une première zone z_1

d'absence de choc évidente entre l'instant actuel t_0 de prédiction de choc et l'instant t_1 à partir duquel la probabilité n'est plus nulle, une deuxième zone z_2 d'ambiguïté de cet instant t_1 jusqu'à l'instant t_i de premier impact à partir duquel un choc est évident (zone z_3).

5

Le système de prédiction de choc véhicule/piéton selon l'invention délivre des informations sur :

- la probabilité de choc P_C ,
- le temps avant impact TTI,
- 10 • la zone d'impact prévue ZIP.

Il est possible de tenir compte des informations apportées par le temps avant impact et la zone d'impact prévue pour pondérer la probabilité de choc P_C et obtenir une probabilité de choc pondérée P_{CP} globale. On définit pour cela deux fonctions
15 pondératrices, qui dépendent respectivement du temps avant impact et de la zone d'impact prévus. La probabilité de choc pondérée P_{CP} est obtenue en multipliant la probabilité de choc initiale P_C par les deux fonctions de pondération, ou poids, l'une p_{TTI} due au temps avant impact et l'autre p_{ZIP} due à la localisation de l'impact :

20

$$P_{CP} = P_C * p_{TTI} * p_{ZIP}$$

Un exemple de pondération en fonction du temps avant impact TTI prédit est donné dans le tableau A en annexe, représentant les points de passage de la fonction de pondération ou poids p_{TTI} en fonction du temps avant impact prédit, et est représentée sur la figure 9. Selon cet exemple, le poids croît de 0 à 1 sensiblement
25 linéairement à partir de 3 secondes avant l'impact prévu.

Un exemple de pondération en fonction de la zone de choc prédite ZIP est donné dans le tableau B en annexe, représentant les points de passage de la fonction de pondération ou poids p_{ZIP} en fonction de la zone de choc prédite, et est représentée
30 sur la figure 11. Cette fonction est symétrique par rapport au milieu du pare-choc avant, comme le montre le schéma d'un véhicule sur la figure 10.

Le procédé selon l'invention utilise ensuite cette probabilité de choc pondérée pour déterminer différents seuils de déclenchement des contre-mesures, et par
35 conséquent la stratégie la mieux adaptée pour éviter les chocs. Éviter un choc consiste à réduire la probabilité de choc pondérée et pour cela il est possible d'agir sur les trois grandeurs, liées entre elles, déterminées auparavant :

- la probabilité de choc « simple »,

- le temps avant impact prévu : une réduction de la vitesse du véhicule entraîne une augmentation du temps avant impact,
- la zone d'impact estimée : faire en sorte que le piéton ne soit plus dans une zone de risque maximal, en agissant sur le véhicule ou en prévenant le piéton par exemple.

5

A partir de ces informations, il est également possible de piloter le système de contre-mesures relatif à « l'évitement », en donnant les consignes de changement de direction et d'allure.

10

En fonction du contexte environnemental du véhicule et de l'imminence du choc véhicule/piéton, plusieurs stratégies de protection du piéton sont envisageables selon les différents moyens qui composent le système de protection du piéton et qui interviennent en fonction de la gravité de la situation en déclenchant les contre-mesures les mieux adaptées sous le contrôle de l'unité centrale U_c , comme le montre le schéma de la figure 12. Ces moyens, déclenchables successivement en fonction de l'imminence du choc, sont des moyens M_v de veille, des moyens M_{ic} d'information du conducteur du véhicule et M_{ip} d'information du piéton, des moyens M_e d'évitement d'une collision, des moyens M_{pc} de mise en œuvre d'un pré crash avec un piéton et des moyens M_{pcp} de protection de choc/piéton.

15

Le procédé de prédiction selon l'invention comporte donc, selon un mode de configuration non limitatif représenté sur l'organigramme de la figure 13, les étapes suivantes, réalisées par l'unité centrale de contrôle qui reçoit et traite des informations en provenance de différents capteurs et systèmes de mesure embarqués sur le véhicule :

20

- une étape e1) de calcul de la probabilité de choc pondérée et
 a) dans le cas où l'unité centrale calcule une probabilité nulle, donc n'a pas détecté de risque de choc, le système reste en veille (étape e2) : pas d'informations sur un risque de danger, sur une zone de choc ou un temps avant impact délivrées par l'unité centrale, le système reste dans cet état et maintient la veille.

25

b) dans le cas où l'unité centrale détecte une probabilité non nulle, donc qu'un piéton serait susceptible d'être heurté par un véhicule et à mesure que le temps avant impact se réduit :

30

- une étape e3) de comparaison du temps avant impact TTI avec un premier seuil S_1 , compris entre 200 et 500 ms par exemple :

a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil : une étape e4) de protection du piéton lors du choc par déclenchement des dispositifs de protection passive, tels que capots actifs, airbags piétons et autres,

- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil :
- une étape e5) de comparaison du temps avant impact TTI avec un deuxième seuil S_2 , supérieur au premier seuil, et compris entre 700 ms et 1 seconde par exemple :
- 5 a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil : une étape e6) de pré crash piéton par déclenchement du système de freinage d'urgence, et pré activation des systèmes de protection passive de choc piéton.
- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil :
- une étape e7) de comparaison du temps avant impact TTI avec un troisième
- 10 seuil S_3 , supérieur au deuxième seuil, et compris 1,5 et 2 seconde par exemple :
- a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil : une étape e8) d'évitement de collision par calcul de la trajectoire optimale d'évasion et déclenchement du système de contrôle de trajectoire du véhicule en vue d'une modification automatique de la trajectoire du véhicule, par combinaison d'actions sur la
- 15 direction vers la gauche et/ou la droite, et sur la vitesse du véhicule par accélération et/ou freinage,
- b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil : une étape e9) d'information du conducteur et/ou du piéton par déclenchement d'un signal d'alerte.
- 20 Ce signal d'alerte pour le conducteur peut être :
- visuel : sur le tableau de bord classique ou un tableau de bord « virtuel » avec surimpression du piéton à risque, de type HUD (« head up display ») notamment,
 - sonore : signal vocal ou son caractéristique en provenance de la direction relative du piéton,
- 25
- haptique : vibrations sur la pédale d'accélérateur, sur le siège ou au volant.
 -
- Et pour le piéton, l'alerte peut être un signal de type :
- sonore : avertisseur directif, signal caractéristique,
 - visuel : appel automatique de phares
- 30
- signal de communication avec l'infrastructure routière, les autres véhicules ou les piétons.

Ainsi, en fonction du « danger » défini à partir de la probabilité de choc, de la zone d'impact estimée et du temps avant impact prévu, un des quatre systèmes de contre-mesures, information, évitement, pré crash ou protection passive, sera

35 sélectionnée pour être mise en application. Si cette réaction suffit à réduire ou à faire disparaître le risque de choc, le système retourne en mode veille. Sinon, à mesure que l'instant de choc se réduit, des réactions de plus en plus automatisées et urgentes sont déclenchées.

Pour éviter un accident entre un véhicule et un piéton, d'une part il n'est pas réaliste d'avertir le conducteur chaque fois qu'un piéton est détecté par le système de détection de piéton à distance, car il doit déjà traiter une quantité importante de données, et d'autre part des moyens d'alerte du conducteur, mais aussi des moyens de modification automatique de la trajectoire, un freinage d'urgence ou des systèmes de protection de piéton sur la face avant du véhicule, doivent garantir un taux de fausse alarme, donc de déclenchement intempestif très faible, pour que le système reste considéré comme fiable pour ses utilisateurs. Il faut donc filtrer les fausses alarmes et ne déclencher les contre-mesures que lorsque le choc est presque certain.

10

Selon un exemple de réalisation simple et non exhaustif, la détection d'un piéton et l'estimation de sa position et de sa vitesse se font grâce à un capteur de stéréovision, tel que 2 caméras vidéo sur une base stéréo, disposées au niveau du rétroviseur intérieur du véhicule. Une fois acquises, ces images sont traitées au niveau du module de calcul du système de détection et classification d'obstacles, qui classe notamment les piétons et renvoie des informations sur les piétons détectés, ainsi que sur leurs positions et vitesses relatives.

15

Des informations sur l'état du véhicule (vitesse, rapport de vitesse engagé, informations sur l'accélération, angles de tangage, roulis, lacet, régime moteur...) et sur les intentions du conducteur (angle au volant, positions et pressions sur les pédales, clignotants...) sont disponibles sur le bus CAN.

20

Les informations sur les piétons, le véhicule, ou le conducteur arrivent au sein de l'unité centrale de calcul, où la prédiction est réalisée, selon 3 modes de prédiction possibles, décrits dans J. Kuchar, L. Yang. "A Review of Conflict Detection and Resolution Modeling Methods". In IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 1, No. 4, pp. 179-189. , December 2000 :

25

- la prédiction nominale, ou déterministe, pour laquelle une seule trajectoire est prédite, sans tenir compte d'incertitudes sur l'évolution des variables d'état. Son utilisation est adaptée à des cas où les incertitudes sont faibles et délivre une très bonne estimation des variables d'état actuelles et une prédiction sur un horizon de temps court terme.

30

- La prédiction pire cas, suppose au contraire que les mobiles peuvent effectuer toutes sortes de manœuvres. Il suffit qu'une seule manœuvre potentielle débouche sur un conflit pour que l'alerte soit donnée, ce qui garantit le meilleur niveau de protection mais génère en contrepartie des fausses alarmes.

35

- La prédiction probabiliste, dans laquelle les différentes évolutions possibles des états sont intégrées et considérées comme des incertitudes. Par exemple, une

erreur sur la position peut être ajoutée à la prédiction selon la méthode nominale. Une autre approche consiste à générer un ensemble de trajectoires possibles, puis à leur affecter des probabilités de réalisation.

5 En mode veille représentée par l'étape E₁, c'est la prédiction dite de « pire cas » (étape E₂) qui fonctionne en permanence et, lorsqu'elle prédit un choc (étape E₃), davantage d'investigations sont menées par l'intermédiaire de la prédiction de type nominal (étape E₄). Quand celle-ci détecte également ledit choc à l'étape E₅, le procédé selon l'invention commande une alerte au conducteur et/ou au piéton, avec un
10 déclenchement de contre-mesures (étape E₆). Par contre, si la prédiction nominale ne détecte pas ledit choc, le procédé lance une prédiction de type probabiliste (étape E₇), qui à son tour entraînera une alerte et des contre-mesures si elle détecte bien un choc (étape E₈), sinon remettra le procédé en veille. L'organigramme de la figure 14 montre les différentes étapes de ce mode particulier de réalisation du procédé selon
15 l'invention.

 Pour chacune des trois prédictions, la pondération en fonction du temps avant impact et de la zone d'impact est calculée. Si la probabilité de choc pondérée est supérieure au seuil de déclenchement, alors la contre-mesure adaptée, en fonction du
20 temps avant impact, mais aussi en fonction de la zone d'impact, puisqu'on peut envisager de ne déclencher que les airbags passagers du côté de l'impact si l'impact n'a pas lieu au milieu du pare choc, est déclenchée.

 L'invention concerne ainsi d'une part un système complet de prédiction de choc
25 véhicule piéton, embarqué sur un véhicule, ainsi que les différents sous-systèmes qui permettent de détecter un piéton, d'estimer ses caractéristiques cinématiques et de prédire le risque de choc, et d'autre part une stratégie globale de protection des piétons, basée essentiellement sur la prédiction de choc véhicule/piéton. L'utilisation de systèmes de communication embarqués peut permettre d'améliorer les
30 performances d'un tel système autonome.

 Avantageusement, l'invention permet de disposer d'une deuxième génération de systèmes, destinée à prédire les chocs piétons quelques instants avant le choc effectif, afin (par ordre de difficulté et d'horizon de prédiction croissants) :

- 35 • de préparer lesdits systèmes de protection suffisamment à l'avance pour raccourcir la durée de déclenchement, et gagner en temps de réponse,
- de prendre des mesures pour réduire la gravité du choc (« collision mitigation » ou « collision attenuation »), en déclenchant un freinage d'urgence,
- de tenter une manœuvre d'évitement (« collision avoidance »).

Avantageusement, l'invention permet également d'envisager de prévenir le conducteur de la présence de piétons potentiellement « dangereux », le danger étant synonyme de risque de collision.

13

ANNEXE

Tableau A

TTI (s)]-8 ; -3]	-1,5	-0,8	[-0,3 ; 0]
p_{TTI}	0	0,5	0,8	1

Tableau B

ZIP(%)	0	20%	40%	50%	60%	70%
p_{ZIP}	1	1	0,85	0,6	0,15	0

REVENDEICATIONS

1. Système embarqué de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, comprenant d'une part des moyens de détection de piétons à distance associés à des moyens de prédiction de leur trajectoire, et d'autre part des moyens de détection du fonctionnement du véhicule et des moyens de détection du comportement du conducteur associés à des moyens de prédiction de la trajectoire du véhicule, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une unité centrale électronique de contrôle recevant des informations sur le piéton détecté en provenance des moyens de prédiction de trajectoire et des informations sur le véhicule et sur le comportement du conducteur en provenance des moyens de détection de sa trajectoire, et délivrant des informations de prédiction d'un éventuel choc véhicule/piéton, constituées notamment d'un temps avant impact (TTI), d'une zone d'impact (ZIP) et d'une probabilité de choc (P_c), à des systèmes de contre-mesure qui se déclenchent successivement selon leurs seuils respectifs.

2. Système embarqué de prédiction de choc selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'unité centrale électronique de contrôle est reliée à des moyens (M_v) de veille, des moyens (M_{ic}) d'information du conducteur du véhicule et (M_{ip}) d'information du piéton, des moyens (M_e) d'évitement d'une collision, des moyens (M_{pc}) de mise en œuvre d'un pré crash avec un piéton et des moyens (M_{pcp}) de protection de choc piéton, auxquels elle délivre des ordres de déclenchement.

3. Procédé de prédiction de choc entre un véhicule et un piéton détecté dans son environnement, mis en œuvre par le système embarqué selon l'une des revendications 1 ou 2, comprenant une étape de détection de piétons à distance suivie d'une étape de prédiction de leur trajectoire, une étape de détection du fonctionnement du véhicule et une étape de détection du comportement du conducteur associée à une étape de prédiction de la trajectoire du véhicule, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape de traitement des informations de prédiction de la trajectoire des piétons détectés et de prédiction de la trajectoire du véhicule, pour calculer des informations de prédiction d'un éventuel choc véhicule/piéton, constituées notamment d'un temps avant impact (TTI), d'une zone d'impact (ZIP) et d'une probabilité de choc (P_c), et délivrer des ordres de déclenchement à des systèmes de contre-mesure.

4. Procédé de prédiction de choc selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte de plus une étape de calcul d'une probabilité de choc pondérée (P_{cp}), obtenue en multipliant la probabilité de choc initiale (P_c) par deux fonctions de

pondération, ou poids, l'une (p_{TTI}) due au temps avant impact et l'autre (p_{ZIP}) due à la localisation de l'impact :

$$P_{CP} = P_C * p_{TTI} * p_{ZIP}$$

- 5 5. Procédé de prédiction de choc selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fonction de pondération, ou poids, (p_{TTI}) due au temps avant impact croît sensiblement linéairement de 0 à 1 à partir de 3 secondes avant l'instant prévu du choc.
- 10 6. Procédé de prédiction de choc selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fonction de pondération, ou poids, (p_{ZIP}) due à la localisation de l'impact prévu est symétrique par rapport au milieu du pare-choc avant du véhicule, maximale dans une zone centrée au milieu du pare-choc et décroissante jusqu'à s'annuler aux deux extrémités du pare-choc.
- 15 7. Procédé de prédiction de choc selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce qu'il réalise les étapes suivantes :
- une étape e1) de calcul de la probabilité de choc pondérée qui
 - a) dans le cas où la probabilité est nulle, donc aucun risque de choc détecté,
 - 20 pas de zone de choc ou de temps avant impact prévus, est suivie d'une étape e2) de maintien en veille du système, et
 - b) dans le cas où la probabilité est non nulle, donc qu'un risque de choc est détecté entre un piéton et un véhicule et à mesure que le temps avant impact se réduit, est suivie par :
 - 25 - une étape e3) de comparaison du temps avant impact (TTI) avec un premier seuil (S_1), qui
 - a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil, est suivie d'une étape e4) de protection du piéton lors du choc par déclenchement des dispositifs de protection passive, et
 - 30 b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil, est suivie par :
 - une étape e5) de comparaison du temps avant impact (TTI) avec un deuxième seuil (S_2), supérieur au premier seuil (S_1), qui
 - a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil (S_2), est suivie
 - 35 d'une étape e6) de commande d'un ordre de déclenchement d'une procédure de pré crash piéton par freinage d'urgence, et pré activation des systèmes de protection passive de choc piéton, et
 - b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil (S_2), est suivie par :

- une étape e7) de comparaison du temps avant impact (TTI) avec un troisième seuil (S_3), supérieur au deuxième seuil (S_2), qui :

5 a) dans le cas où le temps avant impact est inférieur audit seuil (S_3), est suivie d'une étape e8) d'évitement de collision par calcul de la trajectoire optimale d'évasion et déclenchement du système de contrôle de trajectoire du véhicule en vue d'une modification automatique de la trajectoire du véhicule, par combinaison d'actions sur la direction vers la gauche et/ou la droite, et sur la vitesse du véhicule par accélération et/ou freinage, et

10 b) dans le cas où le temps avant impact est supérieur audit seuil (S_3), est suivie par une étape e9) de commande d'un ordre d'information du conducteur et/ou du piéton par déclenchement d'un signal d'alerte.

15 8. Procédé de prédiction de choc selon la revendication 7, caractérisé en ce que la commande d'un ordre d'information du conducteur est réalisée par déclenchement d'un signal d'alerte sous forme :

▪ visuelle : sur le tableau de bord classique ou un tableau de bord « virtuel » avec surimpression du piéton à risque,

▪ sonore : signal vocal ou son caractéristique en provenance de la direction relative du piéton,

20 ▪ haptique : vibrations sur la pédale d'accélérateur, sur le siège ou au volant.

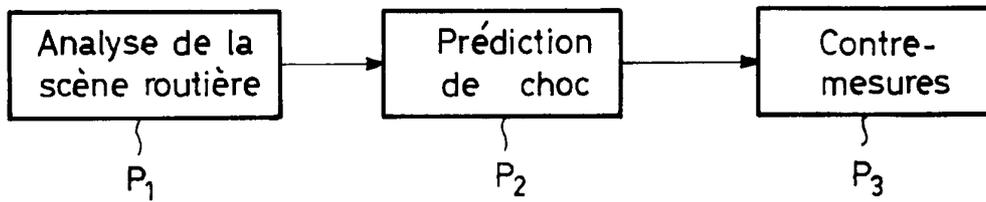
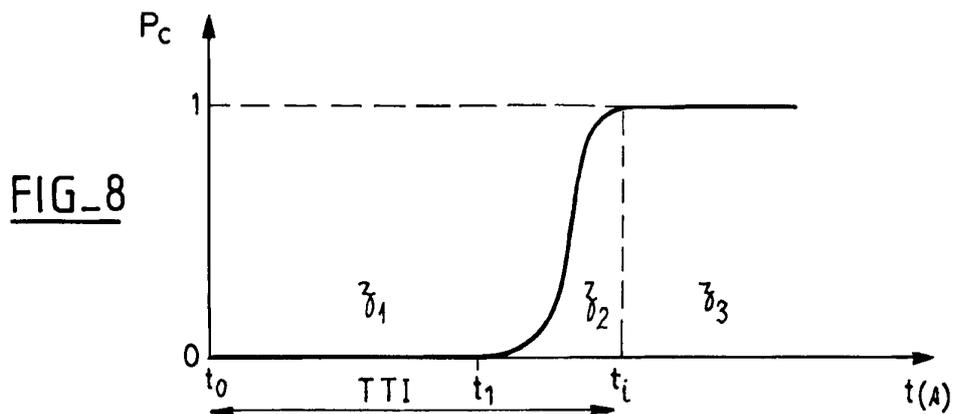
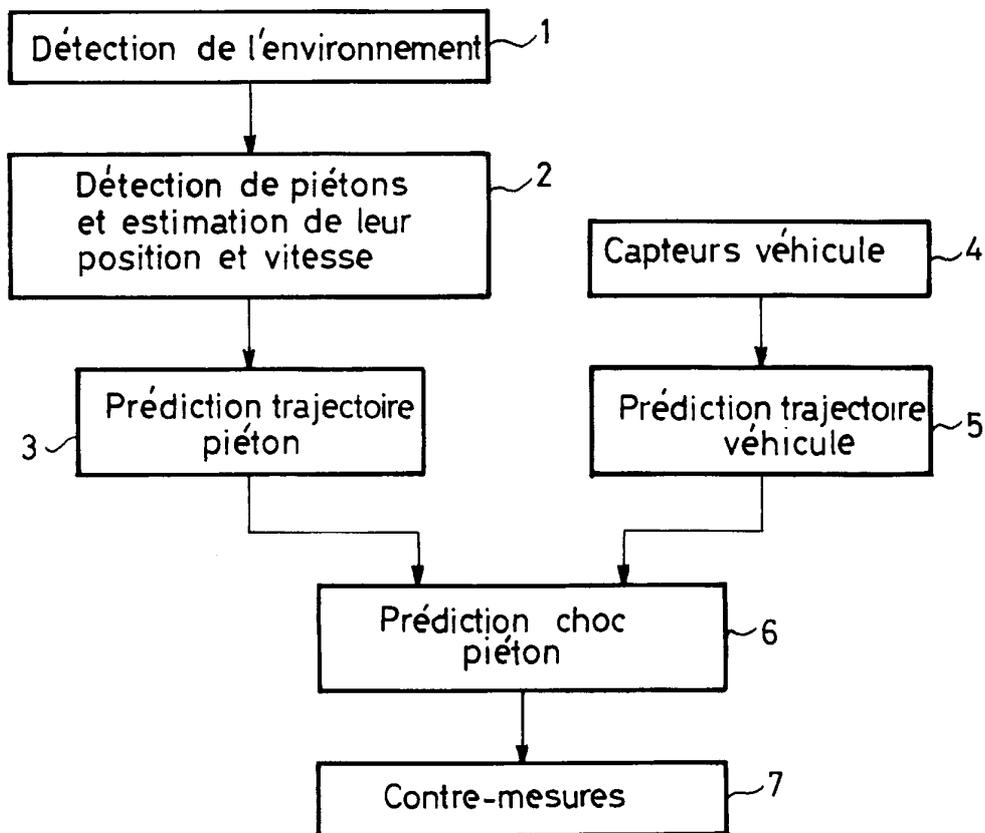
9. Procédé de prédiction de choc selon la revendication 7, caractérisé en ce que la commande d'un ordre d'information du piéton est réalisée par déclenchement d'un signal d'alerte sous forme :

25 ▪ sonore : avertisseur directif, signal caractéristique,

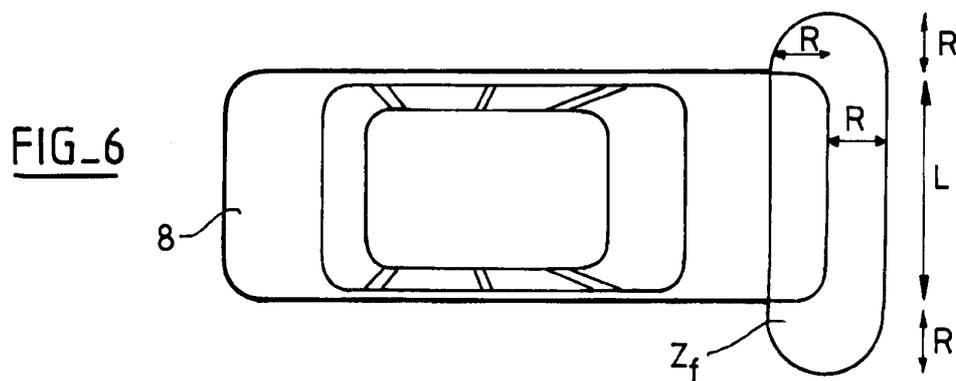
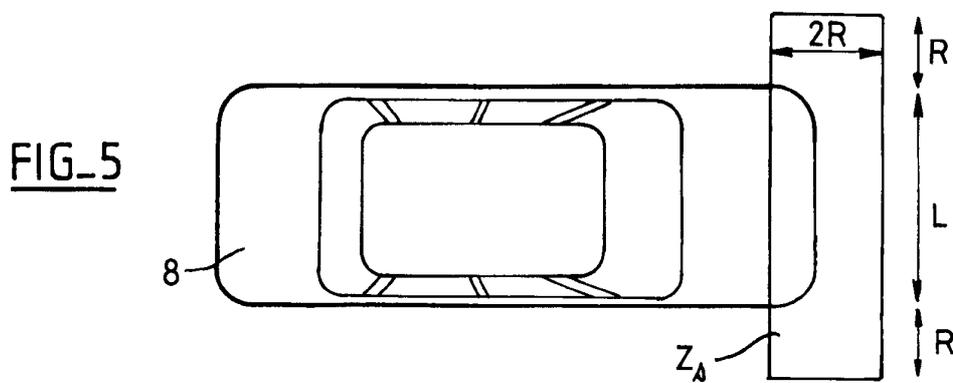
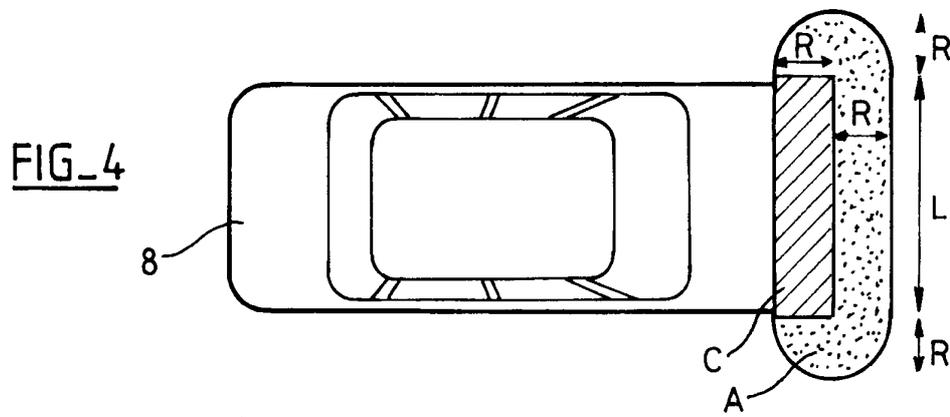
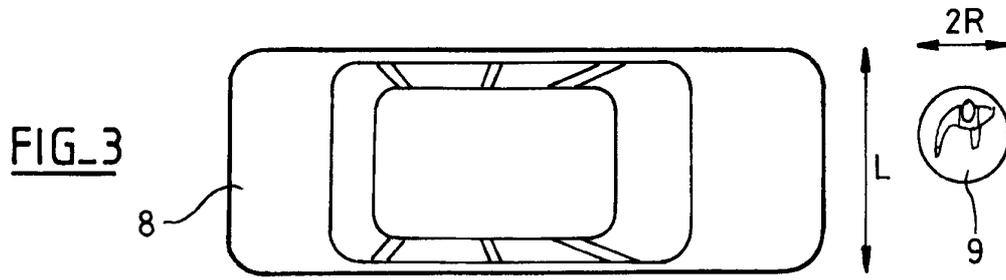
▪ visuelle : appel automatique de phares

▪ signal de communication avec l'infrastructure routière, les autres véhicules ou les piétons.

1/6

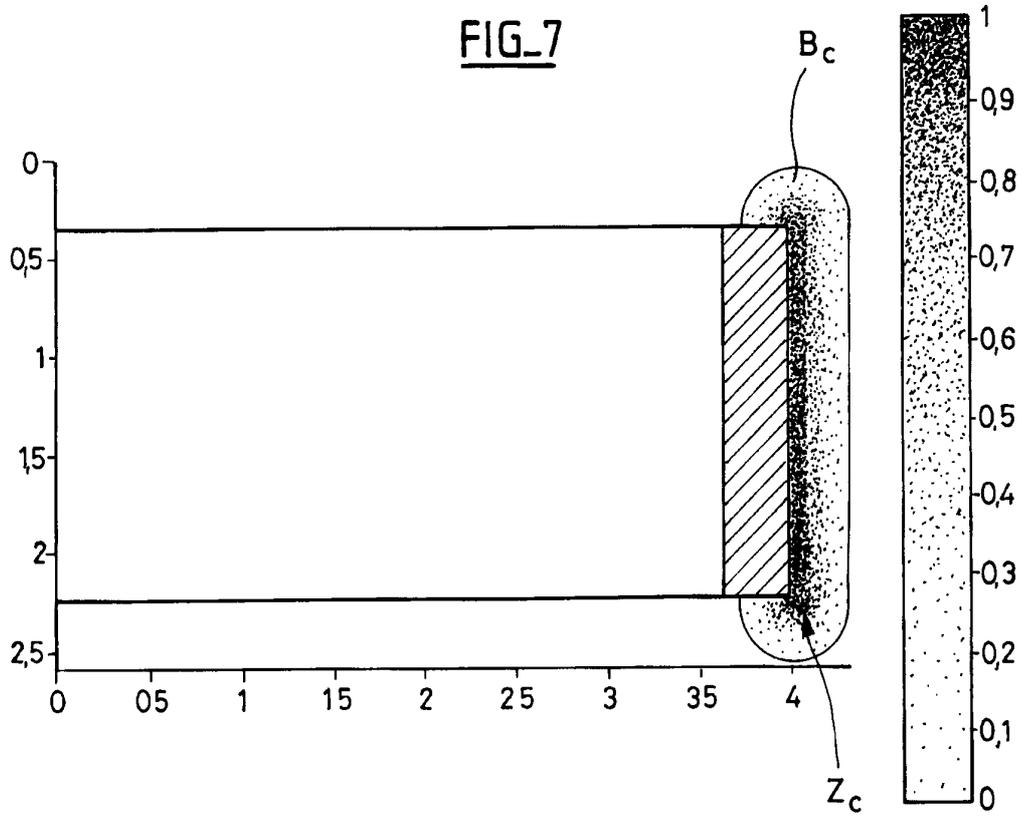
FIG_1FIG_2

2/6

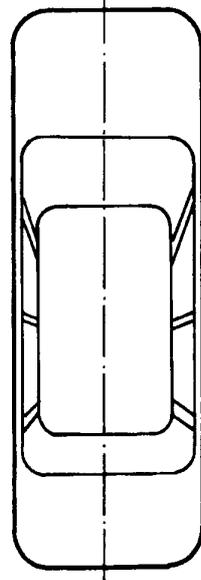


3/6

FIG_7

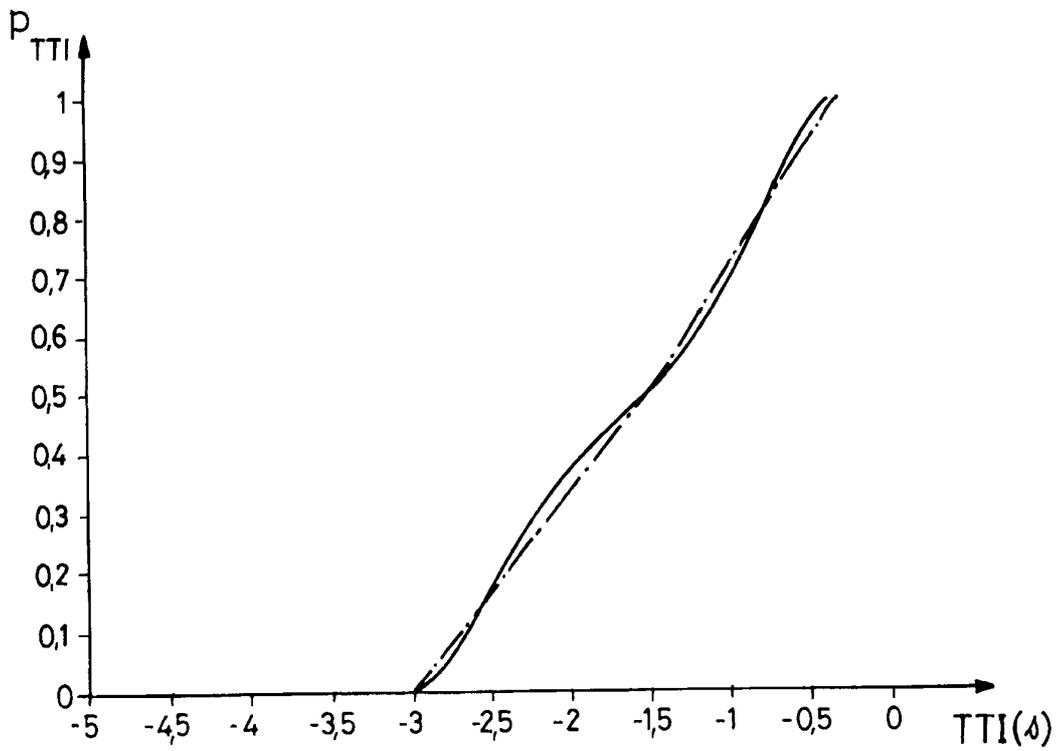
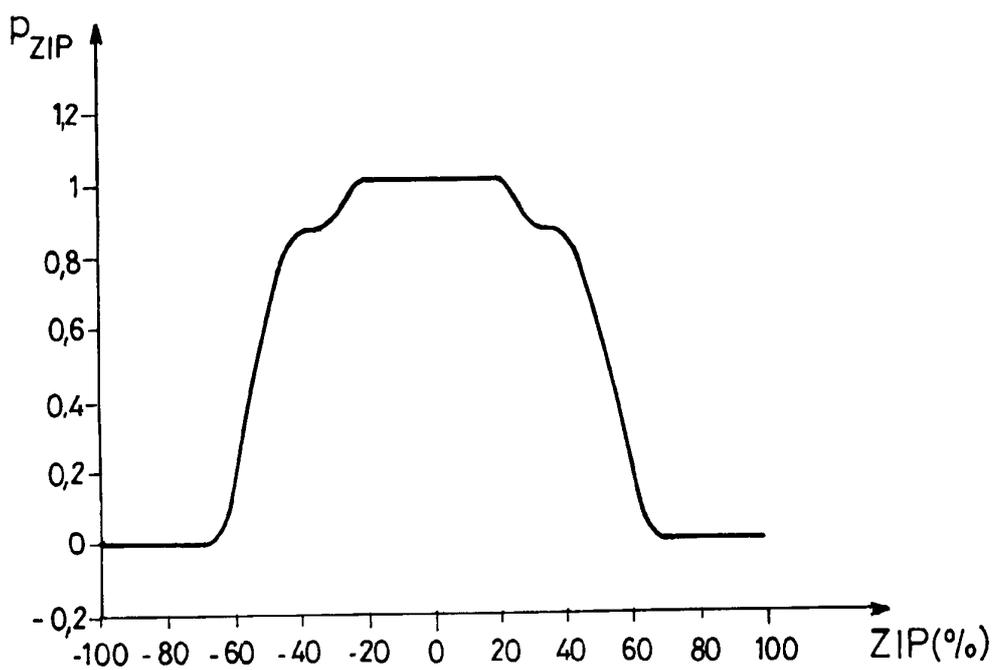


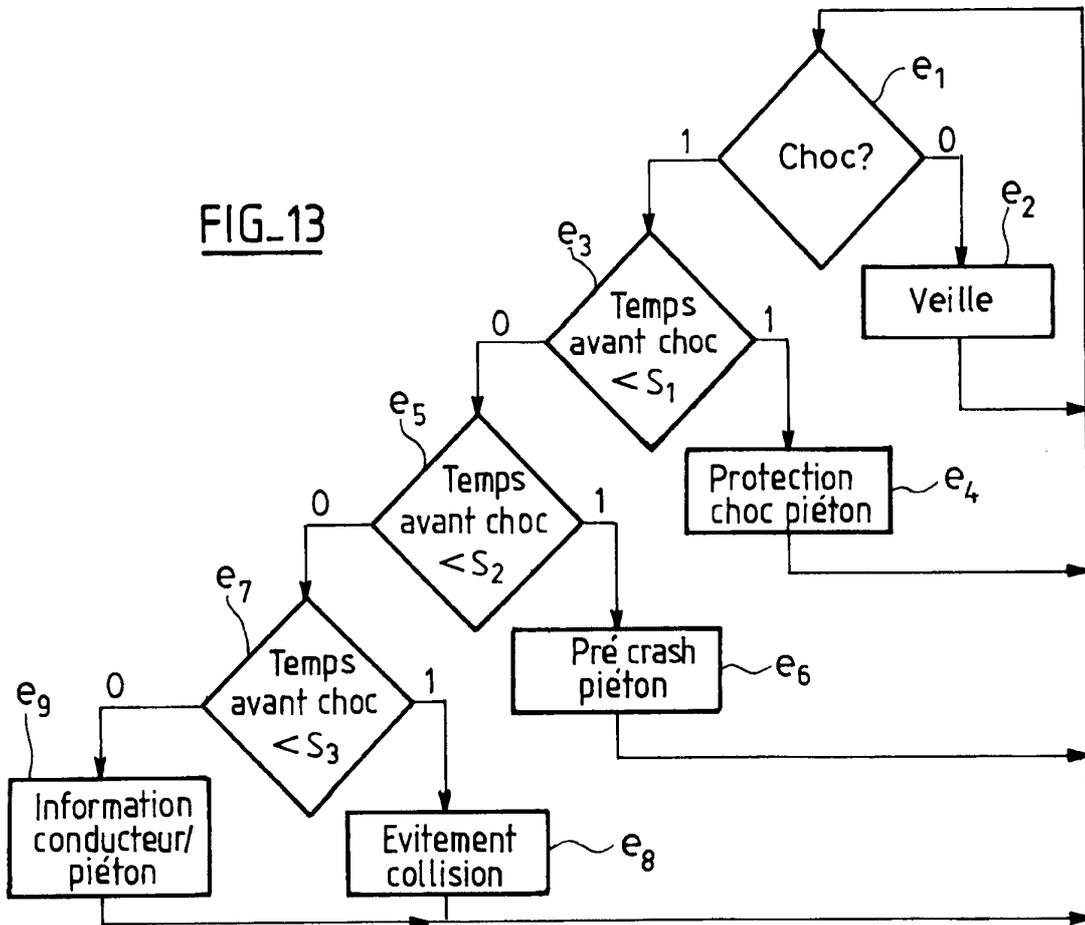
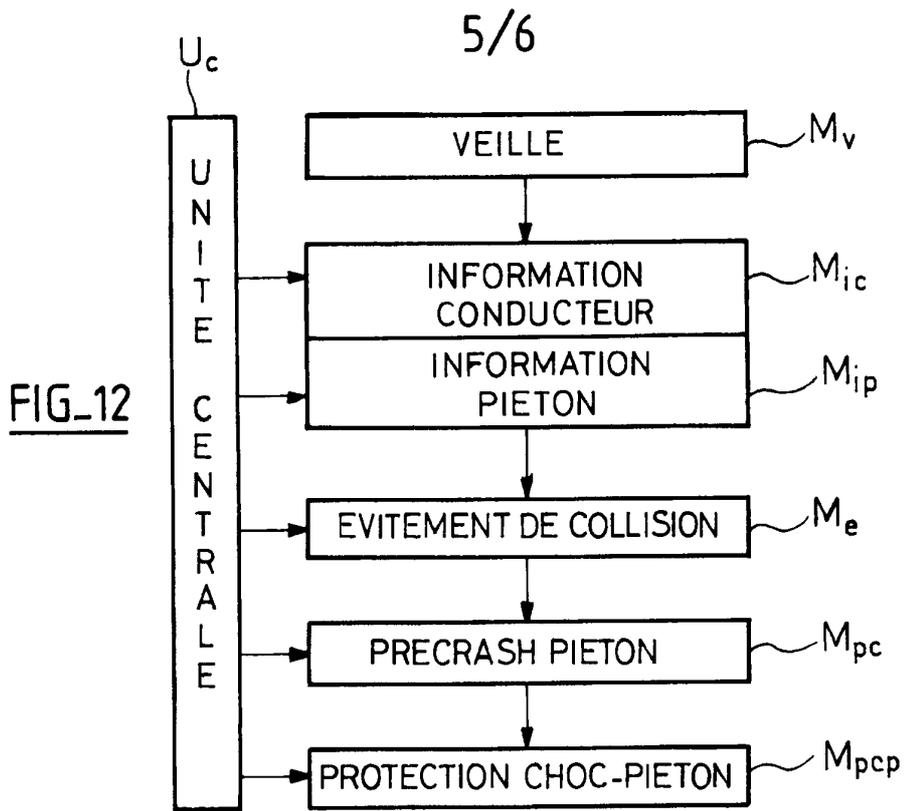
50% 0 50%



FIG_10

4/6

FIG_9FIG_11



6/6

FIG_14

