

⑤④ Procédé d'analyse d'images amélioré en fonction du temps disponible, par un réseau de neurones auto-encodeur, dispositif et véhicule associés.

②② Date de dépôt : 15.03.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *PSA AUTOMOBILES SA Société
par actions simplifiée (SAS) — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 22.09.23 Bulletin 23/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.10.24 Bulletin 24/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HANNAGAN THOMAS et
FOUQUERAY THIBAUT.

⑦③ Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS.

⑦④ Mandataire(s) :



Description

Titre de l'invention : Procédé d'analyse d'images amélioré en fonction du temps disponible, par un réseau de neurones auto-encodeur, dispositif et véhicule associés

- [0001] L'invention concerne l'aide à la conduite d'un véhicule automobile.
- [0002] Aujourd'hui, Il existe un certain nombre de dispositifs électroniques d'aides à la conduite (ou d'automatismes de conduite) permettant une adaptation automatique (ou semi-automatique) de la trajectoire d'un véhicule en fonction de l'environnement du véhicule.
- [0003] Ces aides à la conduite nécessitent des analyses d'images complexes faisant appel à des réseaux de neurones. L'analyse d'image détermine ainsi la trajectoire (c'est-à-dire la direction et la vitesse du véhicule) donnée (autrement dit : commandé) au véhicule par le dispositif d'aide à la conduite, ou des signaux délivrés dans l'habitacle (signaux d'avertissement).
- [0004] Pour assurer la réactivité nécessaire à toutes les situations, le temps de calcul alloué à ces analyses est limité, ce qui réduit la qualité des aides à la conduite.
- [0005] Pour remédier à cet inconvénient, l'invention concerne un procédé d'analyse d'une première image par un premier réseau de neurones auto-encodeur électronique, le premier réseau de neurones comprenant :
- [0006] – Une couche (de neurones) d'entrée,
- Une couche (de neurones) de sortie,
- Un premier encodeur constitué de (ou comprenant) la couche d'entrée, au moins une couche (de neurones) d'encodage et une couche (de neurones) latente, (et de connexions entre chaque couple de couches de neurones successive de l'encodeur) et configuré pour compresser une première valeur dans la couche d'entrée en une deuxième valeur dans la couche latente,
- Un premier décodeur constitué de (ou comprenant) la couche de sortie, au moins une couche (de neurones) de décodage, et d'une couche (de neurones) latente (et de connexions entre chaque couple de couches de neurones successives du décodeur), et configuré pour décompresser une première valeur dans la couche latente en une deuxième valeur dans la couche de sortie,
- Le premier réseau de neurones étant entraîné par la mise en œuvre des (deux) étapes suivantes (et ces (deux) étapes peuvent être comprises dans le procédé d'analyse et éventuellement être réalisées (préalablement à l'étape de détermination d'une valeur de comparaison) à l'extérieur de l'égo véhicule) :
- [0007] – Premier entraînement non supervisé à poids liés (en anglais « tight weights »

ou « tied weights ») d'un deuxième réseau de neurones auto-encodeurs électronique comprenant le premier encodeur et un deuxième décodeur pour apprendre la fonction identité, puis

- Deuxième entraînement supervisé du premier réseau de neurones en fixant le premier décodeur (notamment, ses poids ne sont pas modifiés par le deuxième entraînement. Ainsi, les poids du premier décodeur restent identiques aux poids déterminés suite au ou par le premier entraînement),

[0008] Le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, mises en œuvre dans un égo véhicule automobile :

- [0009]
- Détermination d'une durée d'analyse disponible pour une analyse supplémentaire de la première image,
 - Détermination d'une valeur de comparaison d'une couche (de neurones) de comparaison du premier encodeur,
 - Première propagation (avant) de la valeur de comparaison (autrement dit : activation) dans l'encodeur depuis la couche de comparaison jusqu'à une couche de prédiction de l'encodeur prenant (en conséquence) une valeur de prédiction,
 - Répétition des (trois) étapes suivantes jusqu'à ce que la durée d'analyse disponible soit expirée :
 - Détermination d'une valeur de rétropropagation égale à la valeur de (autrement dit : qu'aurait prise) la couche de comparaison si la valeur de prédiction avait été rétropropagée (autrement dit : propagée ou rétro-propagée) dans l'encodeur depuis la couche de prédiction jusqu'à la couche de comparaison, en utilisant comme (représentation des) poids des connexions entre (chacune des) deux couches de l'encodeur (lors de la rétropropagation), une matrice transposée de la matrice représentant des poids des (ou de toutes les) connexions entre ces deux couches (utilisée ou mise en œuvre) lors de la première propagation,
 - Calcul d'une erreur à partir de la valeur de rétropropagation et de la valeur de comparaison (par exemple, l'erreur est la différence entre la valeur de rétropropagation et la valeur de comparaison),
 - Modification de la valeur de prédiction de manière à réduire l'erreur (lors de la prochaine répétition),

[0010] Deuxième propagation (avant) de la valeur de prédiction dans le premier réseau de neurones depuis la couche de prédiction jusqu'à la couche de sortie.

[0011] Ainsi, selon l'invention, l'analyse de l'image peut être améliorée par une correction de l'erreur engendrée par le réseau de neurones, lorsque le temps disponible pour

réaliser cette analyse le permet, ce qui permet d'améliorer la qualité des aides à la conduite.

- [0012] Le premier réseau de neurones et/ou le deuxième réseau de neurones est un réseau de neurones artificiel, préférentiellement électronique, c'est-à-dire mis en œuvre par un circuit électronique, par exemple un microcircuit, comprenant par exemple un processeur avec une mémoire ou un circuit électronique dédié.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le procédé selon l'invention comprend une étape de commande d'une trajectoire de l'égo véhicule ou de commande d'émission d'un signal à l'intérieur de l'habitacle de l'égo véhicule à partir (de la valeur) de la couche de sortie.
- [0014] Le procédé peut comprendre une étape de réception de la première image en entrée du premier réseau de neurones. En variante, la première image est déjà en mémoire dans la couche d'entrée.
- [0015] La première image peut être obtenue par une première caméra ou un premier radar du véhicule égo.
- [0016] En variante, la première image est reçue par exemple par un radar ou une caméra d'autres véhicules situés dans l'environnement du l'égo véhicule (non représenté).
- [0017] Selon un mode de réalisation :
- [0018] – La couche de comparaison est la couche d'entrée, et(/ou) (dans ce cas, l'étape de détermination d'une valeur de comparaison comprend la réception des données d'entrée, à savoir de la première image),
- L'encodeur comprend, parmi ladite au moins une couche d'encodage (20), une couche (de neurones) directement connectée à la couche d'entrée (par des connexions), et la couche de prédiction est cette couche directement connectée à la couche d'entrée.
- [0019] En variante, la couche de comparaison ou la couche de prédiction peut être une autre couche de l'encodeur.
- [0020] Par exemple, la couche de comparaison et la couche de prédiction sont directement connectées (par des connexions) et la formule suivante est appliquée (autrement dit : mise en œuvre) durant l'étape de modification de la valeur de prédiction :
- [0021] – $y_{t+1} = y_t - \alpha M (M^t y_t - x_t)$ où
- y_{t+1} est la valeur de prédiction modifiée, x_t est la valeur de comparaison (autrement dit : activation de la couche de comparaison)
- y_t est la valeur de prédiction, $M^t y_t$ est la valeur de rétropropagation, $(M^t y_t - x_t)$ est l'erreur,
- M est une matrice qui représente les poids des connexions entre la couche de prédiction et la couche de comparaison dans le premier réseau de neurones (lors de la première propagation. Ainsi $y_t = M x_t$). M^t est la transposée de M .

- [0022] On calcule ainsi un gradient, qui est le vecteur des dérivées partielles (donc « premières ») de l'erreur par rapport à chaque composante de l'erreur. Mais on pourrait aussi calculer la Hessienne, la matrice des dérivées secondes de l'erreur, qui donne plus d'information, et s'en servir pour faire une meilleure optimisation sur l'erreur. D'autres méthodes sont bien entendu possibles pour modifier la couche de modification.
- [0023] α est par exemple inférieur à 1, préférentiellement égale à 0,001.
- [0024] Selon un mode de réalisation, le premier réseau de neurones est configuré pour, à partir de la première image (d'un environnement de l'égo véhicule) en couche d'entrée, produire, en couche de sortie, cette image et des boîtes englobant différents objets de cette image et la classe d'objets à laquelle appartient ces objets.
- [0025] Par exemple, durant le deuxième entraînement, le premier réseau de neurones est entraîné pour produire une telle couche de sortie à partir d'une image en couche d'entrée.
- [0026] Par exemple, les classes d'objets comprennent au moins l'une des classes suivantes : surfaces planes, humains, véhicules, constructions, objets, nature, ciel, et/ou divers.
- [0027] Les images (plusieurs millions, de préférence) pour l'entraînement du premier réseau de neurones sont préférentiellement acquises lors de campagnes de roulages dédiées, avec labélisation manuelle ou semi-automatique.
- [0028] Selon un mode de réalisation, l'égo véhicule étant situé dans un environnement comprenant un élément, le procédé selon l'invention comporte les étapes suivantes :
- [0029] – Réception d'une information d'environnement,
 – Détermination d'une durée avant collision jusqu'à une collision anticipée entre l'égo véhicule et l'élément, à partir de l'information d'environnement,
 – Détermination de la durée d'analyse disponible pour l'analyse de la première image à partir de la durée avant collision.
- [0030] En variante, la durée d'analyse disponible peut être estimée à partir de la position géographique de l'ego (si on est en environnement urbain, on a moins de temps pour l'analyse que si on est sur autoroute) et éventuellement de la vitesse (on a plus de temps si on roule lentement).
- [0031] Selon un mode de réalisation, l'information d'environnement est reçue de la part d'une deuxième caméra. L'information comprend par exemple des images vidéo, dans ce cas. L'information d'environnement peut être reçue de la part d'un deuxième radar de l'égo véhicule. L'information comprend par exemple des images radar, dans ce cas.
- [0032] En variante, l'information d'environnement est reçue par exemple par un radar ou une caméra d'autres véhicules situés dans l'environnement du l'égo véhicule.
- [0033] Selon un mode de réalisation, le procédé d'analyse comprend :
- [0034] – Une étape de détermination d'une distance entre l'égo véhicule et l'élément à

- partir de l'information d'environnement,
- Une étape de détermination d'une vitesse relative entre l'ego véhicule et l'élément à partir de l'information d'environnement.
- [0035] La durée avant collision étant déterminée à partir de la distance et de la vitesse. Par exemple, il s'agit de la distance divisée par la vitesse.
- [0036] En variante, la durée avant collision peut être obtenue par un troisième réseau de neurones, à partir de l'information d'environnement.
- [0037] La durée avant collision peut aussi prendre en compte l'accélération de l'ego véhicule ou de l'élément.
- [0038] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de réception d'une deuxième image de l'environnement (obtenue par exemple de la part d'une troisième caméra (de l'ego véhicule) et l'élément est une surface représentée par un pixel de la deuxième image.
- [0039] En variante, l'élément est un véhicule, un piéton, ou objet fixe représentée par un ensemble de pixels (et le procédé peut comprendre une étape de reconnaissance de l'élément).
- [0040] Lorsque l'environnement comprend une pluralité d'éléments, l'élément est préférentiellement celui pour lequel la durée avant collision est minimum parmi la pluralité d'éléments.
- [0041] En variante, un risque encouru, par exemple en cas de choc entre l'ego véhicule et l'élément, peut être pris en compte pour déterminer l'élément.
- [0042] Selon un mode de réalisation, la pluralité d'élément peut être représentée par tous les pixels de la deuxième image, et l'élément peut être représenté par un de ces pixels.
- [0043] La durée avant collision est par exemple obtenue à partir de la vitesse relative entre l'ego véhicule et l'élément divisée par la distance.
- [0044] Selon un mode de réalisation, la durée d'analyse est égale à la durée avant collision moins un temps de sécurité.
- [0045] Le temps de sécurité est par exemple le temps nécessaire à la mise en œuvre d'une mesure d'urgence en fonction d'un résultat du procédé d'analyse auquel on peut ajouter le temps estimé pour réaliser la deuxième propagation. Il est par exemple de 2s.
- [0046] L'invention concerne également un programme d'ordinateur comprenant des instructions, exécutables par un microprocesseur ou un microcontrôleur, pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.
- [0047] Le procédé selon l'invention est par exemple mis en œuvre par un dispositif électronique d'aide à la conduite. L'invention concerne donc aussi un dispositif électronique configuré pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'invention, et un véhicule automobile comprenant le dispositif électronique. Le dispositif électronique peut comprendre le premier et/ou le deuxième réseau de neurones.

- [0048] Les caractéristiques et avantages du dispositif électronique, du véhicule automobile et du programme d'ordinateur sont identiques à ceux du procédé, c'est pourquoi, ils ne sont pas repris ici.
- [0049] On entend qu'un élément tel que le dispositif électronique, ou un autre élément est « configuré pour » réaliser une étape ou une opération, par le fait que l'élément comporte des moyens pour (autrement dit « est conformé pour » ou « est adapté pour ») réaliser l'étape ou l'opération. Il s'agit préférentiellement de moyens électroniques, par exemple d'un programme d'ordinateur, de données en mémoire et/ou de circuits électroniques spécialisés.
- [0050] Lorsqu'une étape ou une opération est réalisée par un tel élément, cela implique généralement que l'élément comporte des moyens pour (autrement dit « est conformé pour » ou « est adapté pour » ou « est configuré pour ») réaliser l'étape ou l'opération. Il s'agit également par exemple de moyens électroniques, par exemple un programme d'ordinateur, des données en mémoire et/ou des circuits électroniques spécialisés.
- [0051] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit comprenant des modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, dans lesquels.
- [0052] [Fig.1] représente un dispositif électronique d'un véhicule automobile et un véhicule selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0053] [Fig.2], [Fig.3] représentent des images traitées selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0054] [Fig.4] représente un premier réseau de neurones utilisé selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0055] [Fig.5] représente le procédé de l'invention, selon un exemple de réalisation, mis en œuvre notamment par le dispositif électronique et le véhicule de la [Fig.1].
- [0056] En référence à la [Fig.1], un véhicule égo 100 circule sur une route 300 selon une trajectoire (autrement dit : direction et sens) T1. Le véhicule égo 100 comporte une caméra 120 et un radar 130 et un dispositif électronique d'aide à la conduite 110 comprenant un premier réseau de neurones 111.
- [0057] La route 300 comporte une séparation centrale 310 (terre-plein ou autre), deux glissières de sécurité 330 et 320. Sur la route 300, les véhicules 220 et 210 circulent également selon une trajectoire (autrement dit : direction et sens) T2 et T3 respectivement. Un arbre 400 est également présent sur le côté de la route 300.
- [0058] La [Fig.4] représente le premier réseau de neurones 111 comprenant :
- [0059] – Une couche de neurones d'entrée 10,
 – Une couche de neurones de sortie 50,
 – Un premier encodeur 1100 constitué de la couche d'entrée 10, au moins une

- couche (de neurones) d'encodage 20, une couche (de neurones) latente 30, et de connexions entre chaque couple de couches de neurones successives de l'encodeur 1100. Le premier encodeur 1100 est configuré pour compresser une première valeur dans la couche d'entrée 10 en une deuxième valeur dans la couche latente 30,
- Un premier décodeur 1200 constitué de la couche de sortie 50, au moins une couche (de neurones) de décodage 40, de la couche (de neurones) latente 30, et de connexions entre chaque couple de couches de neurones successives du décodeur 1200. Le premier décodeur est configuré pour décompresser une première valeur dans la couche latente 30 en une deuxième valeur dans la couche de sortie 50,
 - Les connexions sont représentées par des matrices M1, M2, M3 et M4,
- [0060] Par soucis de simplification, on représente un réseau de neurones 111 avec 5 couches, mais en pratique, le nombre de couches sera souvent plus élevé.
- [0061] Le premier réseau de neurones est un réseau de neurones artificiel, par exemple électronique.
- [0062] En référence à la [Fig.5], à l'étape S10, le premier réseau de neurones 111 est entraîné par la mise en œuvre des deux étapes suivantes :
- Premier entraînement non supervisé à poids liés d'un deuxième réseau de neurones auto-encodeurs électronique comprenant le premier encodeur 1100 et un deuxième décodeur pour apprendre la fonction identité (pour cela on présente en entrée 10 du réseau une image et en sortie du réseau de neurones, la même image), puis
 - Deuxième entraînement supervisé du premier réseau de neurones 111 en fixant le premier décodeur 1100 (Autrement dit : les poids du premier décodeur ne sont pas modifiés, par le deuxième entraînement. Notamment les poids du premier décodeur 1100 restent identiques aux poids déterminés suite au premier entraînement),
- [0064] A l'étape S20, le dispositif d'aide à la conduite 110 réceptionne l'image 4000, [Fig.2], de l'environnement du véhicule 100, obtenue par exemple par la caméra 120.
- [0065] A l'étape S30, le dispositif 110 reçoit des images radars (successives) de la part du radar 130.
- [0066] A l'étape S40, le dispositif 110 détermine, à partir des images radars, pour chaque pixel de l'image 4000, une durée avant une collision avec l'ego véhicule. Le pixel PX représentant la surface PP (située à une distance D1 du véhicule égo 100) du véhicule 220 est celui pour lequel la durée avant collision est minimum parmi tous les pixels de l'image 4000.
- [0067] La durée avant collision est par exemple obtenue à partir de la vitesse relative entre

l'égo véhicule et l'élément de l'environnement représenté par le pixel divisé par la distance entre l'élément de l'environnement représenté par le pixel et l'égo véhicule. La vitesse relative et la distance sont par exemple obtenues à partir des images radar.

[0068] A l'étape S50, une durée d'analyse égale à la durée avant collision moins un temps de sécurité, par exemple égal à 2 secondes, est déterminée. Par exemple, la durée d'analyse est de 0,2 secondes, et la durée avant collision de 2,2 secondes.

[0069] A l'étape S60, le premier réseau de neurones 111 reçoit en entrée l'image 4000, dans la couche de neurones 10.

[0070] A l'étape S70, l'image 4000 dans la couche de neurones 10 est propagée dans la couche de neurones 20. Le poids des connexions entre la couche 10 et la couche 20 est représenté par la matrice M1.

[0071] A l'étape S80, le dispositif 110 calcule le vecteur y_{t+1} à partir de la formule suivante:

- [0072] – $y_{t+1} = y_t - \alpha M1 (M1^t y_t - x_t)$ où
- y_t est un vecteur représentant la valeur en mémoire de la couche 20,
 - x_t est un vecteur représentant la valeur en mémoire de la couche 10,
 - $M1^t$ est la matrice transposée de M1.
 - $M^t y_t$ est égale à la valeur de la couche 10, qu'on appelle ici valeur de rétro-propagation (ou retro-propagation), si la valeur de y_t dans la couche 20 avait été rétropropagée (autrement dit : propagée) dans la couche 10 en utilisant les poids représentés par la matrice $M1^t$ (qui est la transposé de M1). ($M^t y_t - x_t$) est l'erreur entre la valeur de rétropropagation et la valeur en mémoire de la couche 10, c'est-à-dire l'image 4000.
 - α est un paramètre par exemple inférieur à 1, préférentiellement égale à 0,001.

[0073] A l'étape S90, le vecteur y_t est remplacé par y_{t+1} en mémoire de la couche 20.

[0074] Les étapes S80 et S90 sont répétées jusqu'à ce que la durée d'analyse de 0,2 secondes soit expirée.

[0075] A l'étape S100, la valeur de y_t dans la couche 20 est propagée jusqu'à la couche de sortie 50 (au travers des couches 30 et 40) qui constitue alors le résultat de l'étape d'analyse.

[0076] Le dispositif électronique 110 commande ensuite une trajectoire de l'égo véhicule 100 à partir de la valeur de la couche 20.

[0077] L'image 5000, [Fig.3], est (ou représente) un exemple de la valeur de la couche 20 à la suite de l'étape S100. L'image 5000 comporte l'image 4000 et des boites 320', 210', 310', 220', 330', 400' englobant respectivement les objets 320, 210, 310, 220, 330, 400 de cette image 4000 et la classe d'objets à laquelle appartient ces objets 320, 210, 310, 220, 330, 400.

[0078] Dans l'image 5000, sont classifiés :

- [0079] – Comme véhicules, les véhicules 210 et 220,

- Comme délimitation de voies, la séparation centrale 310, et les glissières 320 et 330,
- Comme éléments extérieurs à la route : l'arbre 400.

[0080] Ainsi, à l'étape S10, dans ce mode de réalisation, le premier réseau de neurones est entraîné pour produire une telle image 5000.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé d'analyse d'une première image (4000) par un premier réseau de neurones auto-encodeurs électronique (111), le premier réseau de neurones (111) comprenant :

- Une couche (de neurones) d'entrée (10),
- Une couche (de neurones) de sortie (50),
- Un premier encodeur (1100) constitué de la couche d'entrée (10), d'au moins une couche d'encodage (20) et d'une couche latente (30),
- Un premier décodeur (1200) constitué de la couche de sortie (50), d'au moins une couche de décodage (40), et d'une couche latente (30),
- Le premier réseau de neurones (111) étant entraîné par la mise en œuvre (S10) des étapes suivantes :
- Premier entraînement non supervisé à poids liés d'un deuxième réseau de neurones auto-encodeurs électronique comprenant le premier encodeur (1100) et un deuxième décodeur pour apprendre une fonction identité, puis
- Deuxième entraînement supervisé du premier réseau de neurones en fixant les poids du premier décodeur, les poids du premier décodeur restant identiques aux poids déterminés par le premier entraînement,

Le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, mises en œuvre dans un égo véhicule automobile (100) :

- Détermination d'une durée d'analyse (S50) disponible pour une analyse supplémentaire de la première image (4000),
- Détermination d'une valeur de comparaison (S60) d'une couche de comparaison (10) du premier encodeur (1100),
- Première propagation (S70) de la valeur de comparaison dans l'encodeur (1100) depuis la couche de comparaison (10) jusqu'à une couche de prédiction (20) de l'encodeur (1100) prenant une valeur de prédiction,
- Répétition des étapes suivantes jusqu'à ce que la durée d'analyse disponible soit expirée :

- Détermination d'une valeur de rétropropagation (S80) égale à la valeur de la couche de comparaison (10) si la valeur de prédiction avait été propagée dans l'encodeur (1100) depuis la couche de prédiction (20) jusqu'à la couche de comparaison (10), en utilisant comme poids des connexions entre deux couches de l'encodeur, une transposé ($M1^t$) de la matrice (M1) représentant des poids des connexions entre ces deux couches lors de la première propagation,
- Calcul d'une erreur à partir de la valeur de rétropropagation et de la valeur de comparaison,
- Modification (S90) de la valeur de prédiction de manière à réduire l'erreur,

Deuxième propagation (S100) de la valeur de prédiction dans le premier réseau de neurones (111) depuis la couche de prédiction (20) jusqu'à la couche de sortie (50).

[Revendication 2]

Procédé d'analyse de la première image (4000) selon la revendication précédente dans lequel :

- La couche de comparaison (10) est la couche d'entrée, et
- L'encodeur (1100) comprend, parmi ladite au moins une couche d'encodage (20), une couche directement connectée à la couche d'entrée, et la couche de prédiction est cette couche directement connectée à la couche d'entrée.

[Revendication 3]

Procédé d'analyse de la première image selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la couche de comparaison (10) et la couche de prédiction (20) sont directement connectées et dans lequel la formule suivante est appliquée durant l'étape de modification (S90) de la valeur de prédiction :

- $y_{t+1} = y_t - \alpha M (M^t y_t - x_t)$ où
- y_{t+1} est la valeur de prédiction modifiée, x_t est la valeur de comparaison
- y_t est la valeur de prédiction, $M^t y_t$ est la valeur de rétropropagation, $(M^t y_t - x_t)$ est l'erreur,
- M est une matrice qui représente les poids des connexions

entre la couche de prédiction et la couche de comparaison, M' est la transposée de M .

[Revendication 4] Procédé d'analyse de la première image selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le premier réseau de neurones est configuré pour, à partir de la première image (4000) dans la couche d'entrée (10), produire, dans la couche de sortie (50), la première image (4000) et des boîtes (320', 210', 310', 220', 330', 400') englobant différents objets (320, 210, 310, 220, 330, 400) de la première image (4000) et une classe d'objets à laquelle appartient ces objets (320, 210, 310, 220, 330, 400), le premier réseau de neurones étant entraîné durant le deuxième entraînement pour produire une telle couche de sortie (50) à partir d'une image en couche d'entrée (10).

[Revendication 5] Procédé d'analyse selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'égo véhicule (100) étant situé dans un environnement comprenant un élément (PP), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- Réception (S30) d'une information d'environnement,
- Détermination (S40) d'une durée avant collision jusqu'à une collision anticipée entre l'égo véhicule et l'élément (PP), à partir de l'information d'environnement,
- Détermination (S50) de la durée d'analyse disponible pour l'analyse de la première image (4000) à partir de la durée avant collision.

[Revendication 6] Procédé d'analyse selon la revendication précédente comprenant :

- Une étape de détermination d'une distance (D1) entre l'égo véhicule (100) et l'élément (PP) à partir de l'information d'environnement
- Une étape de détermination d'une vitesse relative entre l'égo véhicule (100) et l'élément (PP) à partir de l'information d'environnement.

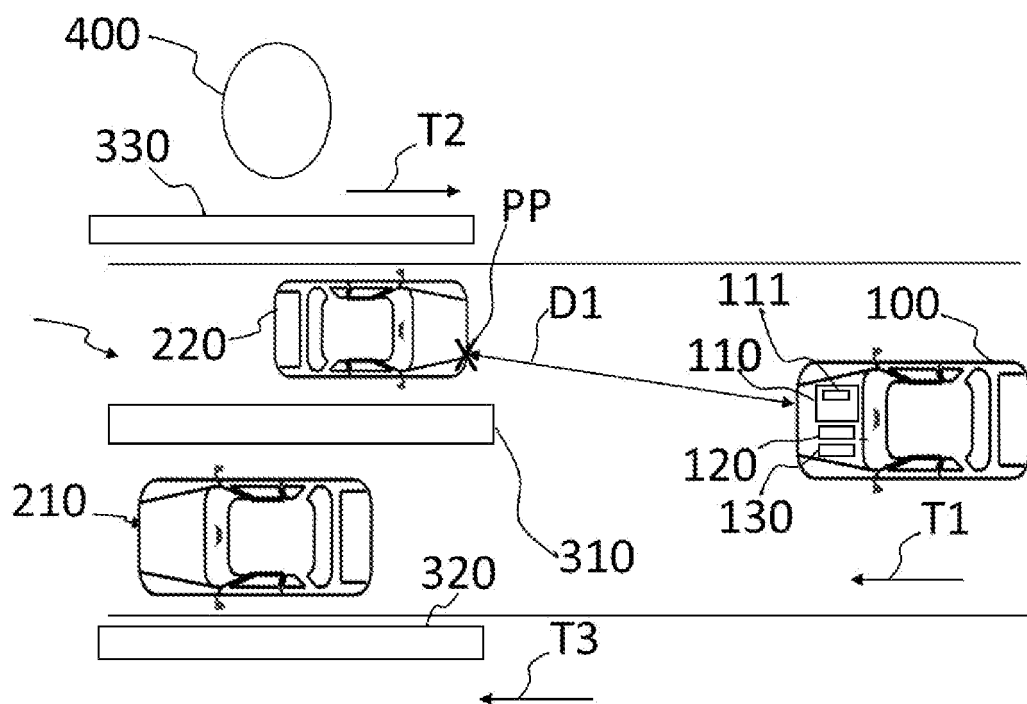
La durée avant collision étant déterminée à partir de la distance et de la vitesse.

[Revendication 7] Procédé d'analyse selon l'une quelconque des revendications pré-

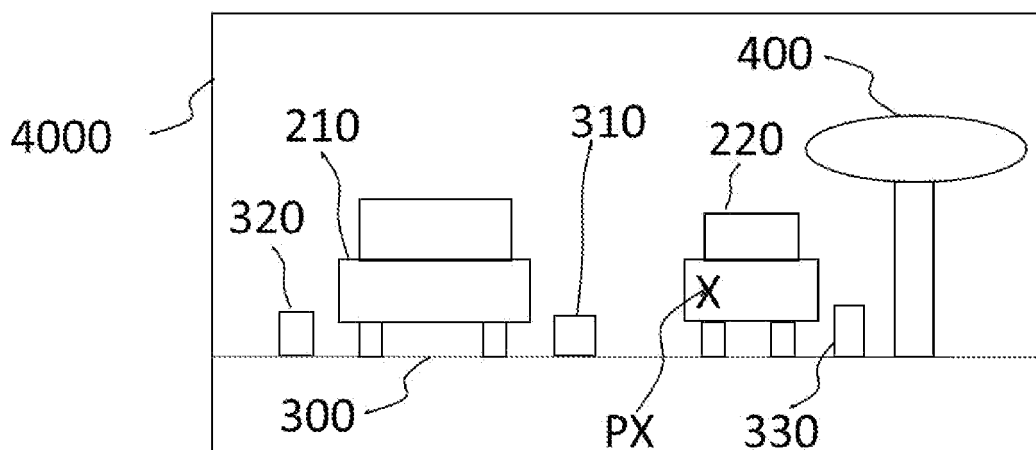
cédentes dans lequel le procédé comprend une étape de réception (S20) d'une deuxième image (4000) de l'environnement et l'élément est une surface (PP) représentée par un pixel (PX) de la deuxième image (4000).

- [Revendication 8] Programme d'ordinateur comprenant des instructions, exécutables par un microprocesseur ou un microcontrôleur, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.
- [Revendication 9] Dispositif électronique (110) configuré pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.
- [Revendication 10] Véhicule automobile (100) comprenant le dispositif électronique (110) selon la revendication précédente.

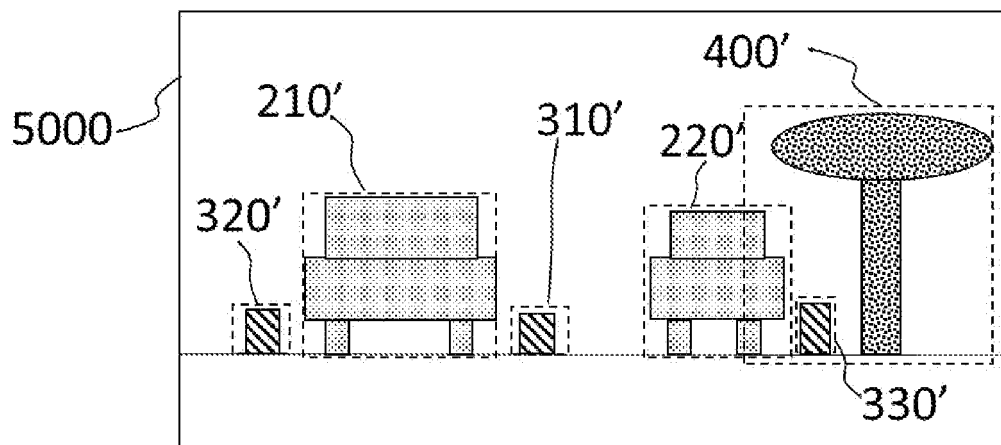
[Fig. 1]



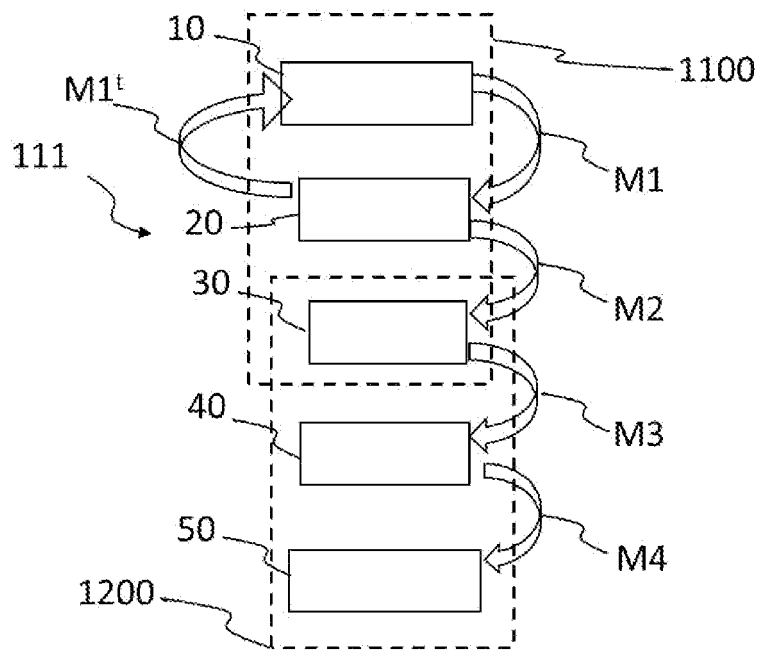
[Fig. 2]



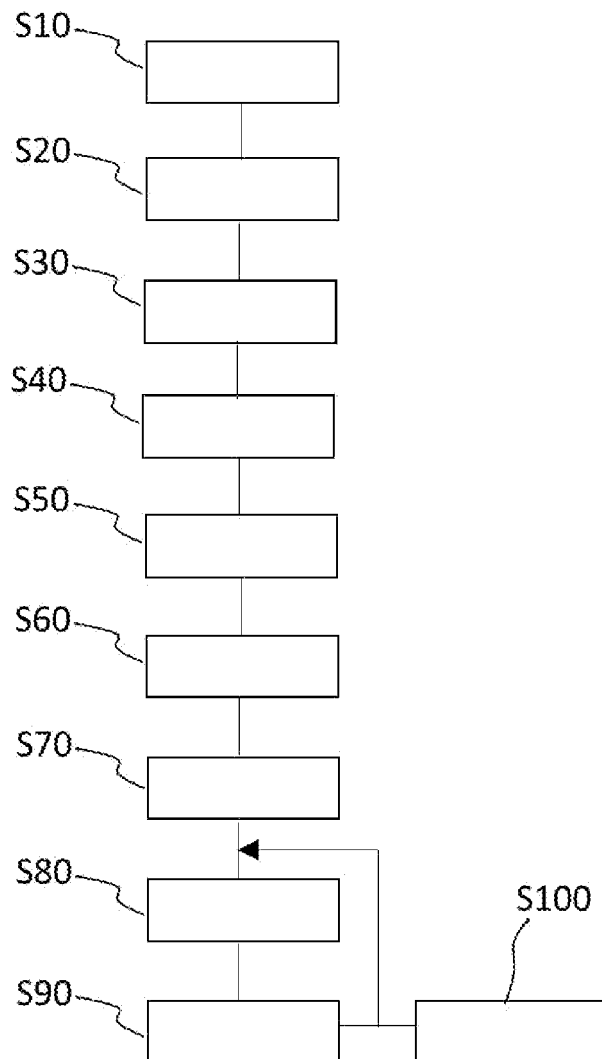
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

MUKHTAR AMIR ET AL: "Vehicle Detection Techniques for Collision Avoidance Systems: A Review",
IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA,
vol. 16, no. 5,
1 octobre 2015 (2015-10-01), pages 2318-2338, XP011670163,
ISSN: 1524-9050, DOI:
10.1109/TITS.2015.2409109
[extrait le 2015-09-25]

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2020/293064 A1 (WU YUE [US] ET AL)
17 septembre 2020 (2020-09-17)

Mayrand-Provencher Laurence: "Building an Autoencoder with Tied Weights in Keras",
,
18 décembre 2019 (2019-12-18), pages 1-9,
XP055977539,
Extrait de l'Internet:
URL: <https://medium.com/@lmayrandprovencher/building-an-autoencoder-with-tied-weights-in-keras-c4a559c529a2>
[extrait le 2022-11-03]

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT