

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 067 683

②1 N° d'enregistrement national : 17 55514

⑤1 Int Cl⁸ : B 60 W 30/10 (2006.01), B 60 W 30/12, 40/04

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.06.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.12.18 Bulletin 18/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMO-
BILES SA Société anonyme — FR.

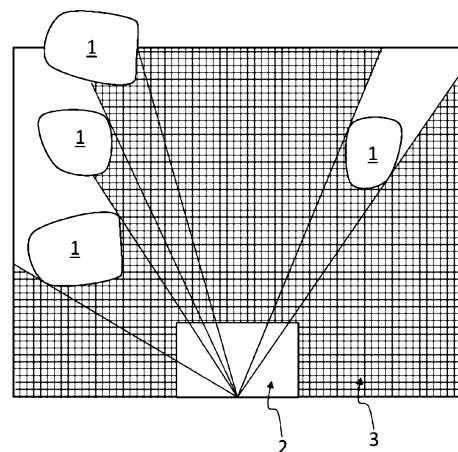
⑦2 Inventeur(s) : CAMP STEPHANE et QUINEY ANNE
SOPHIE.

⑦3 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMO-
BILES SA Société anonyme.

⑤4 PROPOSITION D'ARCHITECTURE POUR LA SECURISATION DES FONCTIONS VEHICULE ADAPTEE AU
VEHICULE AUTONOME.

⑤7 L'invention porte sur un procédé de sécurisation d'un
véhicule autonome (2) circulant sur une voie de circulation,
ledit procédé comprenant une étape de détection d'au
moins un obstacle (1) sur la voie de circulation, une étape
de détermination, à partir de l'au moins un obstacle détecté
(1), d'un espace libre (3) sur la voie de circulation ne com-
prenant pas d'obstacle détecté (1), une étape de détermi-
nation de la contrôlabilité longitudinale et latérale du véhicule
(2) sur la voie de circulation, et une étape de contrôle de la
trajectoire longitudinale et latérale du véhicule (2), en fonc-
tion de la contrôlabilité longitudinale et latérale déterminée,
de manière à maintenir ledit véhicule (2) dans l'espace libre
déterminé.



FR 3 067 683 - A1



PROCEDE DE SECURISATION D'UN VEHICULE AUTONOME

[001] L'invention concerne, de façon générale, la conduite autonome, en particulier d'un véhicule automobile.

5 [002] L'invention porte plus particulièrement sur un procédé de sécurisation d'un véhicule autonome.

[003] De manière connue, un véhicule automobile comprend des aides à la conduite, telles que l'ESP, pour Electronic Stability Program en langue anglaise, qui est un correcteur de trajectoire du véhicule. Certains organes du véhicule sont également conçus
10 pour aider le conducteur, notamment le GMP, pour Groupe MotoPropulseur, permettant notamment une aide à la traction et au passage des rapports de vitesse, ou la DAE, pour direction assistée électrique, aidant le conducteur à manœuvrer le véhicule.

[004] De telles aides permettent ainsi d'assister le conducteur lors de l'utilisation du véhicule. Cependant, ces aides ne sont pas adaptées dans le cas d'une conduite
15 autonome du véhicule. En effet, les véhicules autonomes doivent respecter des normes afin de garantir la sécurité des passagers du véhicule autonome. De telles normes visent notamment à imposer un niveau de sécurité, désigné ASIL pour Automotive Safety Integrity Level en langue anglaise, à chaque fonction du véhicule. Or, les aides à la conduite ne présentent pas un niveau de sécurité suffisant.

20 [005] Aussi, on connaît par le document WO 2016162624 d'intégrer dans un véhicule une fonction, telle que l'assistance de conduite avancée, désignée ADAS pour Advanced Driving Assistance System en langue en anglaise, qui nécessite un niveau élevé de sécurité. La fonction est remplie par deux calculateurs redondants effectuant les mêmes calculs afin de permettre le bon fonctionnement de l'ADAS. En effet, en cas de problème
25 au niveau d'un des calculateurs, les calculs sont toujours effectués par l'autre calculateur, ce qui permet l'utilisation de l'ADAS. De tels calculateurs présentent un niveau de sécurité plus faible. Ainsi, il est possible d'obtenir un haut niveau de sécurité avec des calculateurs dont le niveau de sécurité est plus faible en doublant les calculs.

[006] Cependant une telle solution présente des inconvénients. En effet, l'ADAS
30 nécessitant d'effectuer des calculs importants, le calculateur doit être puissant et est donc coûteux. Aussi, l'utilisation de deux calculateurs redondants augmente encore les coûts.

De plus, l'utilisation de deux calculateurs effectuant chacun les mêmes calculs augmente la complexité du véhicule et donc son coût.

[007] L'invention vise donc à résoudre ces inconvénients en proposant un système aisé à mettre en place, fiable et peu coûteux permettant la gestion du fonctionnement d'un véhicule autonome nécessitant un niveau élevé de sécurité.

[008] Pour parvenir à ce résultat, la présente invention concerne un procédé de sécurisation d'un véhicule autonome circulant sur une voie de circulation, ledit procédé comprenant une étape de détection d'au moins un obstacle sur la voie de circulation, une étape de détermination, à partir de l'au moins un obstacle détecté, d'un espace libre sur la voie de circulation ne comprenant pas d'obstacle détecté, une étape de détermination de la contrôlabilité longitudinale et latérale du véhicule sur la voie de circulation, et une étape de contrôle de la trajectoire longitudinale et latérale du véhicule, en fonction de la contrôlabilité longitudinale et latérale déterminée, de manière à maintenir ledit véhicule dans l'espace libre déterminé.

[009] Grâce au procédé selon l'invention, un véhicule automobile peut être commandé en mode autonome par des éléments présentant un niveau de sécurité faible, notamment de niveau ASIL B ou de niveau ASIL C, ce qui permet de rendre aisée l'intégration d'un tel mode autonome dans un véhicule automobile tout en limitant le coût d'une telle intégration. De plus, le fonctionnement autonome du véhicule présente un niveau de sécurité élevé grâce à la détermination d'un espace libre et du contrôle du véhicule dans cet espace libre, ce qui permet de limiter le contrôle du véhicule à la partie « perception » de l'environnement du véhicule réalisée grâce aux capteurs. Le véhicule est ainsi maintenu éloigné des obstacles, ce qui permet de limiter l'utilisation de la partie « décision » nécessitant un niveau de sécurité plus élevé.

[0010] Avantageusement, le véhicule comprend au moins un capteur parmi la liste de capteurs suivants : caméra, radar, système lidar, ladite étape de détection étant réalisée par ledit au moins un capteur.

[0011] Avantageusement, la contrôlabilité longitudinale et latérale du véhicule est déterminée à partir d'un ensemble de conditions initiales et d'un ensemble de capacités du véhicule à se déplacer longitudinalement et latéralement.

[0012] Avantageusement, lesdites conditions initiales comprennent la position initiale du véhicule sur la voie de circulation et/ou la vitesse initiale du véhicule.

[0013] Avantageusement, lesdites capacités de déplacement du véhicule comprennent les capacités d'accélération, de freinage et/ou de déplacement latéral du véhicule.

5 [0014] Avantageusement, l'étape de contrôle de la trajectoire comprend une sous-étape de limitation du déplacement latéral du véhicule, de préférence de l'ordre de 4 m, lors d'un changement de voie de circulation du véhicule.

[0015] L'invention concerne également un véhicule automobile comprenant au moins un capteur adapté pour détecter au moins un obstacle et un calculateur adapté pour
10 commander la trajectoire du véhicule automobile en mode autonome, ledit calculateur étant configuré pour mettre en œuvre le procédé tel que décrit précédemment.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement, et en référence au dessin qui montre :

15 • la figure 1, un schéma d'une étape du procédé selon l'invention de sécurisation d'un véhicule autonome.

[0017] Dans ce qui va suivre, les modes de réalisation décrits s'attachent plus particulièrement à une mise en œuvre du procédé selon l'invention au sein d'un véhicule automobile. Cependant, toute mise en œuvre dans un contexte différent, en particulier
20 dans tout type de véhicule, est également visée par la présente invention.

[0018] Un véhicule automobile 2 est, de manière classique, adapté pour circuler sur une voie de circulation. Pour ce faire, un conducteur commande le déplacement longitudinal du véhicule 2, autrement dit la vitesse du véhicule 2, à l'aide de commandes de frein et d'accélérateur. Le conducteur commande également le déplacement latéral du véhicule 2,
25 autrement dit lorsque le véhicule 2 tourne sur la gauche ou sur la droite, à l'aide de la direction.

[0019] Le véhicule automobile 2 représenté à la figure 1 comprend par ailleurs un mode de fonctionnement autonome.

[0020] Le fonctionnement autonome d'un véhicule automobile 2 est réglementé par des
30 normes visant notamment à imposer un niveau de sécurité minimum à des fonctions du

véhicule. Les niveaux de sécurité sont désignés ASIL pour Automotive Safety Integrity Level en langue anglaise. Les niveaux de sécurité sont notamment ASIL A, ASIL B, ASIL C, ASIL D, par ordre croissant de sécurité.

5 [0021] Le niveau de sécurité est attribué à partir de différents éléments, tels que, par exemple, l'occurrence d'une situation dangereuse, sa périodicité, les conséquences d'un dommage lié à une telle situation, la capacité à gérer la situation dangereuse, etc. Aussi, plus une fonction présente un niveau de sécurité élevé, par exemple un niveau ASIL D, plus la fonction sera complexe et coûteuse à mettre en œuvre afin de minimiser les risques. De manière générale, le fonctionnement autonome d'un véhicule nécessite un
10 niveau de sécurité ASIL D pour garantir une sécurité maximale des occupants du véhicule face à des situations dangereuses.

[0022] En pratique, le fonctionnement autonome du véhicule automobile 2 est, de manière générale, commandée par un système comprenant deux parties : une partie dite de « perception » et une partie dite de « décision ». La partie perception permet au
15 système d'identifier différents éléments présents autour du véhicule, tels que des obstacles à éviter ou la voie de circulation à suivre. La partie décision permet au système de commander le déplacement du véhicule à partir des éléments perçus afin de suivre la voie de circulation tout en évitant les obstacles. La partie perception peut être réalisée par des éléments physiques, tels que des capteurs, tandis que la partie décision est réalisée
20 par un programme informatique, notamment à l'aide d'une intelligence artificielle. La partie décision implique notamment la mise en œuvre d'algorithmes complexes de type « apprentissage profond », également désigné « deep learning » en langue anglaise.

[0023] L'invention vise à limiter l'utilisation de la partie décision qui nécessite un niveau de sécurité ASIL supérieur à la partie perception et est donc plus complexe et coûteuse à
25 mettre en œuvre.

[0024] Pour ce faire, le véhicule 2 comprend des moyens de commande de la trajectoire du véhicule 2 adaptés pour contrôler le déplacement longitudinal et latéral du véhicule 2 de manière autonome, autrement dit, sans intervention du conducteur.

[0025] Les moyens de commande sont adaptés pour déterminer la contrôlabilité du
30 véhicule automobile 2, autrement dit la position que le véhicule 2 peut atteindre après un temps déterminé à partir d'un ensemble de conditions initiales et d'un ensemble de capacités du véhicule 2.

[0026] En particulier, à partir d'une position initiale et d'une vitesse initiale du véhicule 2 et à partir des capacités d'accélération, de freinage et de déplacement latéral du véhicule 2, les moyens de commande sont adaptés pour déterminer les différentes positions que le véhicule automobile 2 peut atteindre après un temps prédéterminé, notamment de l'ordre de quelques secondes.

[0027] La détermination de la contrôlabilité du véhicule 2 présente un niveau de sécurité plus faible, par exemple de niveau ASIL C, de préférence de niveau ASIL B, car elle présente des risques plus faibles pour les occupants du véhicule 2. Aussi, les moyens de commande sont aisés à mettre en œuvre dans un véhicule autonome 2 et présentent un coût limité.

[0028] Le véhicule automobile 2 comprend également différents capteurs adaptés pour détecter des obstacles 1 dans l'environnement du véhicule automobile 2 afin d'assister le conducteur lors de sa conduite.

[0029] De tels capteurs peuvent notamment comprendre des caméras placées à l'avant et/ou à l'arrière du véhicule 2 afin de capturer des images de la voie de circulation respectivement devant et/ou derrière le véhicule 2 afin d'y détecter des obstacles 1 à l'aide de logiciels de traitement d'image.

[0030] Les capteurs peuvent également comprendre des radars adaptés pour émettre des ondes radios autour du véhicule 2 afin de détecter des obstacles 1 à la manière d'un sonar.

[0031] Enfin, les capteurs peuvent en outre comprendre un système lidar, pour Light Detection And Ranging en langue anglaise, désignant un système de télédétection par laser émettant de la lumière autour du véhicule 2 afin de détecter des obstacles 1.

[0032] De tels capteurs sont connus et leur fonctionnement ne sera pas décrit plus en détails.

[0033] Le véhicule 2 comprend un calculateur adapté pour recevoir des données des différents capteurs.

[0034] En référence à la figure 1, le calculateur selon l'invention est adapté pour détecter les différents obstacles 1 présents autour du véhicule automobile 2 à partir des données

des calculateurs et pour déterminer une zone 3 sur la voie de circulation ne comprenant pas d'obstacles 1. Une telle zone 3 est désignée « espace libre ».

5 [0035] Avantageusement, la détermination de l'espace libre 3 présente un niveau de sécurité de niveau ASIL C, de préférence de niveau ASIL B, car elle présente des risques plus faibles pour les occupants du véhicule 2. Ceci permet à un calculateur de véhicule automobile 2 de mettre en œuvre de manière aisée et pour un coût limité une telle détermination d'un espace libre 3.

10 [0036] En mode autonome, les moyens de commande sont adaptés pour commander le déplacement du véhicule automobile 2 de manière à maintenir le véhicule 2 dans l'espace libre 3 à partir de la contrôlabilité déterminée du véhicule 2. Autrement dit, parmi les différentes positions que peut atteindre le véhicule 2 grâce à sa contrôlabilité, les moyens de commande contrôleront la trajectoire du véhicule 2 jusqu'à une position comprise dans l'espace libre 3.

15 [0037] Ainsi, le véhicule automobile 2 est maintenu à distance des obstacles 1, ce qui permet d'éviter des situations à risque nécessitant un niveau de sécurité élevé, de niveau ASIL D par exemple. En effet, une telle commande du véhicule 2 est effectuée à partir de la partie perception sans prise en compte de la partie décision, ce qui permet de limiter la complexité d'une telle commande.

20 [0038] Dans la suite de la description, il va être présenté le procédé de sécurisation d'un véhicule autonome 2.

[0039] Un véhicule automobile 2 circule sur une voie de circulation.

[0040] Lors de l'utilisation du véhicule automobile 2 en mode autonome, les capteurs détectent les obstacles 1 présents sur la voie de circulation autour du véhicule automobile 2.

25 [0041] Puis, le calculateur du véhicule automobile 2 reçoit les données des capteurs et les fusionne afin de déterminer un espace libre 3 dans lequel se situe le véhicule automobile 2. Une telle fusion des données de plusieurs capteurs est désignée « fusion hétérogène » et permet d'optimiser la détection d'obstacles 1.

[0042] La contrôlabilité du véhicule automobile 2, autrement dit l'aptitude ou la capacité du véhicule automobile 2 à se déplacer sur la voie de circulation, est également déterminée.

5 [0043] Enfin, les moyens de commande commandent le déplacement longitudinal et/ou latéral du véhicule automobile 2 à partir de la contrôlabilité déterminée de manière à maintenir le véhicule 2 dans l'espace libre déterminé 3. Les moyens de commande contrôlent l'accélération du moteur, les freins et la direction du véhicule afin de contrôler la trajectoire du véhicule 2.

10 [0044] Le véhicule automobile 2 peut se déplacer sur une route comprenant une pluralité de voies de circulation séparées les unes des autres par des lignes blanches. Les capteurs sont adaptés pour détecter les lignes blanches afin de permettre aux moyens de commande de commander un déplacement latéral du véhicule automobile 2 circulant initialement dans une voie de circulation jusqu'à une voie de circulation cible située à côté.

15 [0045] Avantageusement, les voies de circulation présentent une largeur minimale de 3,5 m. Aussi, les moyens de commande sont adaptés pour limiter le déplacement latéral du véhicule automobile à 2 à 4 m, en un temps prédéterminé de l'ordre de 1 s par exemple, lors d'un changement de voie de circulation. Ainsi, en cas d'erreur de détection des lignes de la voie de circulation cible dans laquelle le véhicule automobile 2 se déplace, le véhicule 2 est maintenu dans la voie de circulation cible grâce à la limitation de son
20 déplacement latéral correspondant à la largeur d'une voie de circulation.

[0046] Une telle limitation du mouvement latéral en cas de détection erronée des lignes présente un niveau de sécurité de niveau ASIL B, ce qui permet une intégration aisée et pour des coûts limités d'une telle fonction.

Revendications :

1. Procédé de sécurisation d'un véhicule autonome (2) circulant sur une voie de circulation, ledit procédé comprenant :
 - une étape de détection d'au moins un obstacle (1) sur la voie de circulation,
 - 5 - une étape de détermination, à partir de l'au moins un obstacle détecté (1), d'un espace libre (3) sur la voie de circulation ne comprenant pas d'obstacle détecté (1),
 - une étape de détermination de la contrôlabilité longitudinale et latérale du véhicule (2) sur la voie de circulation, et
 - 10 - une étape de contrôle de la trajectoire longitudinale et latérale du véhicule (2), en fonction de la contrôlabilité longitudinale et latérale déterminée, de manière à maintenir ledit véhicule dans l'espace libre déterminé (3).
2. Procédé de sécurisation selon la revendication 1, dans lequel, le véhicule (2) comprenant au moins un capteur parmi la liste de capteurs suivants : caméra, radar, système lidar, ladite étape de détection étant réalisée par ledit au moins un capteur.
- 15 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la contrôlabilité longitudinale et latérale du véhicule (2) est déterminée à partir d'un ensemble de conditions initiales et d'un ensemble de capacités du véhicule (2) à se déplacer longitudinalement et latéralement.
4. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel lesdites conditions initiales
 - 20 comprennent la position initiale du véhicule (2) sur la voie de circulation et/ou la vitesse initiale du véhicule (2).
5. Procédé selon l'une des revendications 3 à 4, dans lequel lesdites capacités de déplacement du véhicule (2) comprennent les capacités d'accélération, de freinage et/ou de déplacement latéral du véhicule (2).
- 25 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape de contrôle de la trajectoire comprend une sous-étape de limitation du déplacement latéral du véhicule (2), de préférence de l'ordre de 4 m, lors d'un changement de voie de circulation du véhicule (2).
7. Véhicule automobile (2) comprenant au moins un capteur adapté pour détecter au
 - 30 moins un obstacle (1) et un calculateur adapté pour commander la trajectoire du

véhicule automobile (2) en mode autonome, ledit calculateur étant configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.

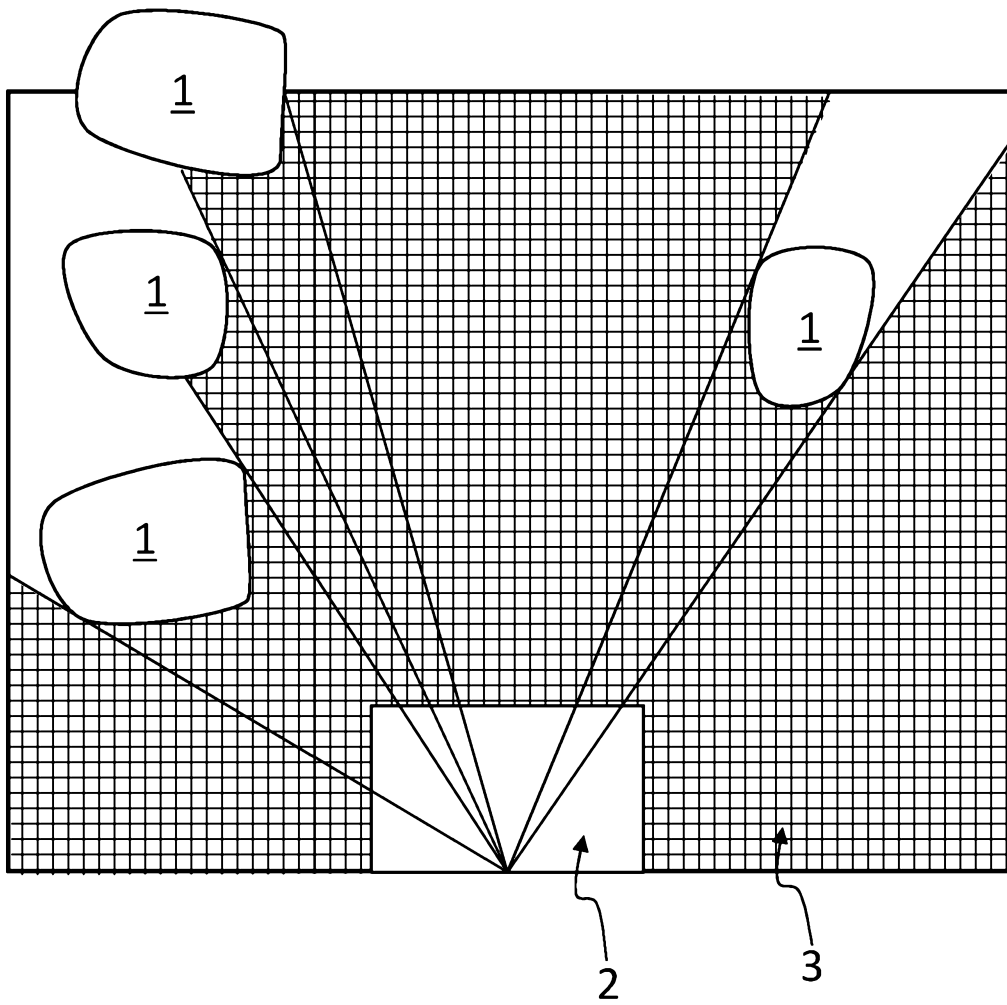


Figure 1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1755514 FA 840665**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-02-2018**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102006047131 A1	10-04-2008	CN 101522505 A	02-09-2009
		DE 102006047131 A1	10-04-2008
		EP 2076420 A1	08-07-2009
		US 2010114490 A1	06-05-2010
		WO 2008040595 A1	10-04-2008

US 2006235610 A1	19-10-2006	GB 2440688 A	06-02-2008
		US 2006235610 A1	19-10-2006
		WO 2006113104 A2	26-10-2006

US 2014244142 A1	28-08-2014	CN 103842228 A	04-06-2014
		EP 2765047 A1	13-08-2014
		JP 5765431 B2	19-08-2015
		JP W02013051083 A1	30-03-2015
		US 2014244142 A1	28-08-2014
		WO 2013051083 A1	11-04-2013

DE 102015016899 A1	30-06-2016	CN 105752081 A	13-07-2016
		DE 102015016899 A1	30-06-2016
		KR 20160080613 A	08-07-2016
		US 2016185388 A1	30-06-2016

DE 102015108286 A1	03-12-2015	CN 105270413 A	27-01-2016
		DE 102015108286 A1	03-12-2015
		RU 2015120810 A	20-12-2016
		US 9174649 B1	03-11-2015
