

# SELF-DRIVING CARS

Stato dell'Arte e futuri sviluppi

Politecnico di Milano, Scuola del Design

Laurea Magistrale in Design & Engineering

Relatrice: Prof. Silvia Deborah Ferraris

Autore: Mattia Cattaneo

Matricola: 862807

Anno accademico: 2016 - 2017



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



# INDICE

<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT (English)</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>2. SITUAZIONE TRAFFICO ATTUALE</b>	<b>9</b>
2.1. TRASPORTI PUBBLICI	9
2.2. TRASPORTI PRIVATI	11
2.2.1. Car Sharing	12
2.3. PROBLEMATICHE	13
2.3.1. Incidenti	13
2.3.1.1. Cause	13
2.3.1.2. Conseguenze	15
2.3.2. Inquinamento	15
2.3.3. Consumo di combustibili fossili	17
2.3.4. Traffico e stress	17
<b>3. SELF-DRIVING CARS</b>	<b>20</b>
3.1. COSA SONO?	20
3.2. TECNOLOGIA USATA	21
3.2.1. Hardware: sensori e dispositivi	21
3.2.1.1. Telecamere	21
3.2.1.2. Videocamere	22
3.2.1.3. Radar	22
3.2.1.4. LIDAR	23
3.2.1.5. Sensori a ultrasuoni	24
3.2.1.6. Geo-Localizzatore	24
3.2.2. Software	25
3.2.2.1. Gli ADAS	25
3.2.2.2. V2X	27
3.3. LIVELLI DI AUTONOMIA	29
3.4. PRIMI APPROCCI	32
3.5. PRIMI MODELLI	36
3.6. MAGGIORI COMPETITORS	38

3.6.1. Miles per disengagement	45
3.7. VANTAGGI	48
3.8. OPINIONE DEL PUBBLICO	50
3.9. PROBLEMATICHE SDC	52
3.9.1. Etica	52
3.9.2. Hacking	54
3.9.3. Self Driving Carsickness	56
3.10. RAPPORTO CON LA LEGGE	58
3.11. SELF-DRIVING CONCEPT CARS	59
3.12. PREVISIONI	66
<b>4. CONCLUSIONI</b>	<b>69</b>
<b>5. RIFERIMENTI</b>	<b>71</b>
5.1. BIBLIOGRAFIA	71
5.2. SITOGRAFIA	72
5.3. ICONOGRAFIA	76
<b>6. RINGRAZIAMENTI</b>	<b>79</b>

# ABSTRACT

Il mercato legato all'industria automobilistica è in continua evoluzione. Le compagnie operanti nel settore sono sempre concentrate sullo sviluppo di nuove tecnologie, e nello specifico negli ultimi anni il tema delle auto senza guidatore sta acquisendo sempre più risalto sulla scena internazionale. Le cosiddette self-driving cars, veicoli equipaggiati con una moltitudine di sensori e controllati da un'intelligenza artificiale, promettono di ribaltare quella che è attualmente la concezione comune dei sistemi di trasporto. Per riuscire a comprendere quale potrà essere il ruolo dei mezzi di trasporto autonomi in futuro, è stata effettuata un'analisi concernente i vari aspetti che le vedono interessate, come le relative tecnologie e i maggiori competitors che operano in questo campo. Questo testo vuole presentarsi come una panoramica su quello che è lo stato attuale delle self-driving cars, lanciando uno sguardo a quelli che si suppone saranno i futuri sviluppi.

È stato osservato come, nonostante la tecnologia coinvolta stia facendo consistenti passi avanti negli ultimi anni, permangano diversi problemi che si oppongono alla realizzazione di questo scenario, come i costi, implicazioni etiche e di responsabilità, rapporto con la legge e la sempre presente diffidenza del pubblico. Nonostante la maggior parte delle aziende automobilistiche implicate in questa competizione sostengano che saranno in grado di produrre veicoli completamente autonomi già dai primi anni del 2020, questo entra in contrasto con quanto previsto da esperti e agenzie di marketing, che vedono più probabile il raggiungimento di tale traguardo solo dai 10 ai 20 anni più tardi. I veicoli con i gradi più alti di autonomia vedranno inoltre scardinato l'archetipo di automobile per come ora lo conosciamo, e questo comporterà nuovi interessanti sviluppi progettuali. In definitiva, i veicoli autonomi hanno potenzialmente tutte le carte in regola per diventare una realtà in futuro; tuttavia, le compagnie interessate dovranno operarsi affinché gli ostacoli considerati vengano completamente superati.

# ABSTRACT (English)

The market related to automotive industry is in continuous evolution. Companies operating in this branch are always focusing on the development of new technologies, and in particular in the last years the topic of driverless cars is gaining more and more accent worldwide. The so called self-driving cars, vehicles equipped with a multitude of sensors and controlled by an artificial intelligence, promise to buck the current common perception of the means of transport. In order to manage to understand which one is going to be the role of the autonomous vehicles in the future, it has been fulfilled an analysis concerning the various aspects related to them, like the technologies involved and the major competitors working on this subject. This paper aims to present an overview about the state of the art of self-driving cars, trying then to guess which ones will be their future developments.

It has been observed how, although the related technology has been improving in the last years, some different problems endure opposing to the realization of this scenario, like the costs, the responsibility and ethical implications, the correlation with law and the everlasting mistrust of public. Although most of the automotive companies that are taking part to this competition claim that they will be able to produce fully autonomous vehicles since the first years of 2020, this clashes with the forecasts of experts and marketing companies, that believe this objective would be more likely to be achieved only 10 or 20 years later. Vehicles with the highest automation levels will break up the archetype of automobile as we know it today, and this will involve new interesting design opportunities. In conclusion, the autonomous vehicles have the potentiality to become a reality in the future; however, interested companies will have to work on this in order to get solved the problems considered.

# 1. INTRODUZIONE



01: Donna alla guida di un veicolo autonomo intenta nella lettura.

Questa tesi vuole proporsi come studio su quelli che attualmente sono le condizioni della mobilità degli individui al giorno d'oggi, le contromisure generalmente adottate e i maggiori problemi legati al traffico urbano, e come a questi possa essere posto rimedio nel caso le self-driving cars (veicoli a guida autonoma), mezzi di trasporto attualmente in via di sviluppo, venissero lanciati sul mercato, come si prevede, entro i prossimi anni.

L'argomento in questione è stato ritenuto particolarmente interessante dall'autore, in quanto da sempre incuriosito dalle nuove tecnologie e da più delle loro molteplici sfaccettature: dal principio di funzionamento, da come queste possano relazionarsi con il design industriale e da come, col tempo, possano diventar parte della vita di tutti i giorni; è inoltre attratto dal concetto di ottimizzazione, che influisce sulla sua capacità organizzativa e che, per le caratteristiche che verranno descritte, gli ha consentito di entrare in sintonia con l'idea che sta alla base delle self-driving cars.

L'obiettivo di questa tesi è quello di fornire uno stato dell'arte aggiornato di quella che è attualmente la realtà delle self-driving cars, andando ad analizzare ciò che il mercato ha attualmente da offrire, quali sono le aziende più interessate e gli obiettivi che si sono poste, per concludere con delle previsioni su quello che sarà il prossimo futuro del settore automobilistico nello specifico di questi veicoli avveniristici.

La tesi si articola in tre principali parti: nella prima viene effettuata una panoramica sullo stato della mobilità attuale dal punto di vista di trasporti pubblici e privati, andando ad approfondire nello specifico come il fenomeno del car-sharing si sia evoluto negli anni e sui problemi legati al sempre crescente numero di veicoli che percorrono le strade di tutto il mondo. Nella seconda parte si va ad introdurre il lettore al concetto che sta alla base dei veicoli a guida autonoma e alle loro varie sfaccettature, come ad esempio un'analisi sulle componenti hardware e software e su come la realtà delle self-driving cars abbia avuto inizio, non solo con i primi prototipi veri e propri, ma anche sui progetti e pensieri che fin dai primi decenni del secolo scorso hanno saputo influenzare le menti di ingegneri e studiosi contemporanei, i quali sono attualmente impegnati sullo sviluppo dei numerosi aspetti dei veicoli autonomi per come al momento li intendiamo. Oltre a ciò ci si vuole anche concentrare su quelli che sono attualmente i protagonisti di quella che si potrebbe definire una gara allo sviluppo del sistema a guida autonoma più efficiente, seguito da un focus su opinioni dei consumatori, sui molteplici vantaggi che comporterebbe l'adozione delle self-driving cars e delle problematiche da affrontare. Infine, nella terza e ultima parte si trarranno le conclusioni di quanto discusso fino a quel punto, andando a sottolineare tutti i vari aspetti che secondo l'autore dovrebbero essere implementati o approfonditi e gli ostacoli che principalmente dovrebbero essere superati per fare in modo che le self-driving cars possano entrare a far parte della quotidianità della collettività.



## 2. SITUAZIONE TRAFFICO ATTUALE



02: Strada trafficata

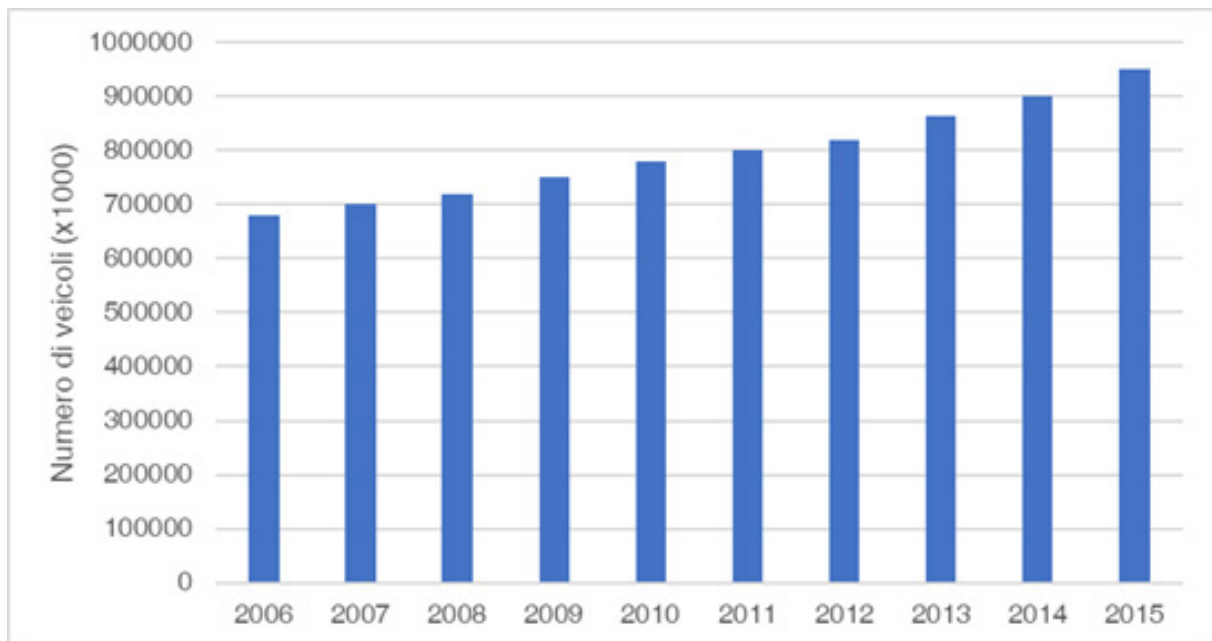
### 2.1. TRASPORTI PUBBLICI

Il servizio di trasporto pubblico è particolarmente concentrato nei grandi agglomerati urbani, in presenza dei quali si possono riscontrare delle reti più fitte per far fronte alla maggiore domanda. Per poter concepire quella che è oggi la mole di questa realtà, si vuole prendere in considerazione il report “Urban Public Transport in the 21st Century” effettuato dalla UITP (Associazione Internazionale del Trasporto Pubblico)

nel 2015, che ha preso in analisi 39 Paesi da tutto il mondo (dei quali 27 europei), scegliendoli in base a densità di popolazione e lo stato di sviluppo dei trasporti pubblici. È risultato che in quell'anno sono stati effettuati 243 miliardi di trasporti, che implica un aumento del 18% se paragonato ai dati raccolti nel 2000; di tutti questi viaggi, la Cina ha contribuito maggiormente, con i suoi 85 miliardi, seguita prima dal Giappone, poi dal Brasile. Il totale di individui considerati è di circa 2 miliardi (circa un terzo della popolazione mondiale), i quali in media effettuano 121 viaggi a testa su mezzi pubblici in un anno; questo dato tuttavia varia considerevolmente in base allo specifico Paese preso in esame, dando la possibilità di andare ad identificare tre fasce di Paesi i cui abitanti ne fanno più o meno affidamento. I Paesi ad alta richiesta di trasporti pubblici sono principalmente nazioni che appartengono a Europa ed Asia orientali; tra i Paesi a media richiesta si possono trovare Russia, Brasile, Italia e Belgio, mentre nel gruppo dei Paesi a bassa richiesta risultano Nord America, Australia e Nuova Zelanda. Lo studio in questione ha anche rivelato, in media, quale sia la percentuale dei trasporti totali considerati effettuati tramite un determinato mezzo di trasporto: in particolare, l'autobus risulta essere il più utilizzato con una percentuale del 63%. Seguono treno e metropolitana, entrambi a 16%, per concludere con il tram, che copre il 5% dei trasporti totali.

La preferenza di mezzi pubblici rispetto a quelli privati comporta generalmente dei vantaggi sotto molteplici aspetti: soprattutto in città particolarmente trafficate, si suppongono essere mediamente più veloci dei veicoli privati, comportando quindi un risparmio di tempo. Il risparmio appena considerato è anche economico se, avendo la necessità di raggiungere più volte un luogo (ad esempio per lavoro), si prenda in considerazione la possibilità di acquistare un abbonamento. L'utente che utilizza un mezzo pubblico ha inoltre accesso a varie comodità, come la possibilità di rilassarsi durante il tragitto, raggiungere direttamente luoghi altrimenti meno facilmente accessibili con un mezzo privato, e il mancato onere di trovare, e in buona parte dei casi anche pagare un parcheggio. Infine, va sottolineato come la scelta di prendere un mezzo pubblico sia eco-friendly: spostarsi in questo modo comporta infatti la presenza di un veicolo privato in meno per strada.

## 2.2. TRASPORTI PRIVATI



03: Incremento dei veicoli privati dal 2006 al 2015, OICA 2017

Nonostante l'utilizzo di servizi di spostamento pubblici sia, soprattutto in alcuni Paesi, in continuo aumento, in molti individui rimane ancora radicalizzata l'idea di effettuare spostamenti principalmente tramite mezzi privati. A sostegno di quanto scritto, secondo una statistica effettuata nel 2017 dalla OICA (acronimo del francese *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*, ossia *Organizzazione Internazionale dei Costruttori d'Automobili*) sulla base di dati ottenuti tra il 2006 e il 2015, il numero di veicoli privati in uso nel mondo ha visto un consistente incremento in media di quasi il 40%; particolarmente incisivo è stato il contributo di Medio Oriente e Oceania, che nel complesso hanno visto un aumento di veicoli del 141%. A loro seguono America Centrale e Meridionale con un aumento del 60%, e Russia e Europa Orientale del 59%.

Se si volesse fare un confronto con i mezzi pubblici, il più consistente vantaggio che comporterebbe per l'utente la scelta di un mezzo privato sarebbe la flessibilità che questo comporterebbe: sfruttando un veicolo proprio, l'individuo avrebbe la possibilità non solo di raggiungere direttamente la propria destinazione, ma anche di non sottostare agli orari dei mezzi pubblici e subire gli eventuali disagi dei quali potrebbero vedersi protagonisti, come sovraffollamento o ritardi.

## 2.2.1. CAR SHARING

In una società in cui gli spostamenti da un luogo all'altro sono diventati di ordinaria necessità, il possesso di un veicolo è di norma considerato un'esigenza primaria per poter svolgere le attività giornaliere di pressoché qualsiasi individuo impegnato in un normale contesto sociale. Tuttavia, la proprietà di un veicolo comporta diversi oneri, tra i quali le varie opere di manutenzione che possono rivelarsi necessarie e numerose spese fisse (tasse, bollo, assicurazione...); a questo si aggiunge la presunta poca efficienza, almeno se paragonata a quella di veicoli più leggeri con e senza motore (ad esempio biciclette e moto) o mezzi pubblici, in centri urbani che presentano una densità urbana particolarmente alta, cosa che generalmente comporta traffico congestionato e scarsità di parcheggio. A queste problematiche, come alternativa al possesso o noleggio di automezzi, prova a dare una risposta concreta il car-sharing, ossia quell'insieme di servizi che prevede, come dice il nome stesso, la condivisione di un veicolo tra più persone.

Il primo approccio al car-sharing risale molto prima di quanto si possa pensare: in Svizzera, nel 1948, l'associazione Sefage (Selbstfahrgemeinschaft) con sede a Zurigo decise di proporre la possibilità di condividere alcuni veicoli ai suoi soci, allo scopo di venire incontro ai membri che non potessero permettersi di acquistarne uno. L'obiettivo di questa iniziativa, dunque, era prettamente a sfondo economico; tuttavia, complice il contesto ristretto nel quale l'idea aveva attecchito, non riuscì a svilupparsi adeguatamente e con il tempo il progetto venne accantonato. Fino agli inizi degli anni '90 furono messi in atto nuovi tentativi da parte di altre imprese di sviluppare un servizio simile, tuttavia finirono per subire la stessa sorte di Sefage per via di diversi motivi, come un'errata strategia di marketing, la mancanza di supporto dei governi locali e l'eccessivamente ridotta scala del progetto. Il car-sharing ha visto il suo boom verso la fine degli anni 2000 grazie alla sempre più incisiva diffusione degli smartphone, che hanno permesso agli utenti di avere un rapporto estremamente immediato con questo tipo di servizio grazie alla possibilità di accedervi autonomamente tramite applicazioni online sviluppate dalle compagnie interessate.

Oggi il car-sharing è molto diffuso soprattutto nelle grandi città, in quanto tale contesto (che presenta generalmente traffico congestionato, mancanza di parcheggi e zone a traffico limitato) permette di sfruttare appieno le potenzialità di questo tipo di servizio: vantaggi come la possibilità di circolare nei centri urbani senza l'onere di pagare pedaggi, la sosta gratuita nei parcheggi blu e l'autorizzazione a percorrere le



strade cittadine anche nelle giornate di limitazione al traffico rendono il car-sharing vantaggioso sotto molti punti di vista. Quelli appena descritti non sono i soli benefici di questo tipo di servizio: ricollegandosi a quanto detto a inizio paragrafo, l'usufruire del car-sharing permette all'utente di evitare tutti i costi fissi relativi al possesso di un veicolo, inoltre questo servizio incoraggia un rapido ricambio dei mezzi di trasporto (in quanto più sfruttati e raggiungendo prima il limite di vita utile) lasciando spazio a modelli più moderni e meno inquinanti e implica la presenza di meno veicoli in circolazione, e per questi motivi è da ritenersi una scelta di spostamento eco-friendly. Nonostante quanto detto, il car-sharing non è per tutti: mentre è particolarmente conveniente per individui che non posseggono un veicolo proprio, per chi vive fuori dalle grandi città può essere svantaggioso dover aggiungere il costo del servizio alle spese necessarie per raggiungere i parcheggi dedicati al car-sharing, che possono essere quelle relative ai biglietti per l'utilizzo di mezzi pubblici o al mantenimento del proprio mezzo di trasporto.

## 2.3. PROBLEMATICHE

### 2.3.1. INCIDENTI

#### 2.3.1.1. CAUSE

Tra le principali cause di disagio legate all'attuale viabilità urbana ed extraurbana si annoverano sicuramente gli incidenti stradali. Le motivazioni che portano all'accadere di tali fenomeni sono molteplici, ma è possibile andare ad individuare quelle più significative, che si rendono più o meno tristemente protagoniste di tali vicende. Ecco elencate le cause di incidente stradale più incisive sul bilancio:

- Condizioni climatiche avverse: gli incidenti causati da questo tipo di problematica vanno a comprendere più condizioni metereologiche che vanno ad influire su diversi aspetti che possano compromettere in alcun modo la guida, come la limitata visibilità, la scivolosità del manto stradale e fenomeni come l'acquaplaning; i principali artefici di tutto ciò sono pioggia, neve e nebbia. In "How Do Weather Events Impact Roads?" dell'U.S. Department of Transportation, viene dichiarato che tra tutti gli incidenti stradali avvenuti negli USA tra il 2005 e il 2014 il 22% può essere attribuito a condizioni climatiche avverse, per un totale di 1.258.978 incidenti.
- Distrazioni: molto spesso gli incidenti vengono causati dalla noncuranza del gui-

datore, che si impegna in altre attività mentre dovrebbe mantenere un'attenzione costante verso la strada e ciò che lo circonda. Vari studi hanno rivelato che queste attività sono molteplici, e tra queste le più comuni sono l'uso del cellulare (per telefonare o chattare), mangiare, parlare con i passeggeri o regolare radio e sistema di climatizzazione. La statistica effettuata dalla NHTSA sui dati raccolti nelle strade degli USA tra il 2010 e il 2014 ha rivelato che dei 4.5 milioni di incidenti stradali registrati, il 16% è da attribuire a una generica distrazione del guidatore.

- **Eccesso di velocità:** per ciò che concerne gli incidenti causati da eccessi di velocità, c'è da fare una precisazione; a questa categoria appartengono non solo gli incidenti dovuti al superamento del limite consentito dalla legge, ma anche nel caso in cui il guidatore raggiunga una velocità che si possa ritenere inappropriata alla specifica situazione, come ad esempio relativamente alle condizioni di traffico e carreggiata. La statistica dell'Insurance Institute of Highway Safety, "Fatality Facts", va ad attribuire il 30.6% di tutte le morti per incidente stradale avvenute tra il 2006 e il 2015 negli USA a uno di questi due casi, per un totale di 108.554 vite perdute.
- **Guida in stato di ebrezza:** l'assunzione di alcool va ad interferire con la regolare performance del corpo umano, andando ad incidere su ragionamento, capacità di giudizio e coordinazione dei muscoli; questi aspetti sono indispensabili al fine di guidare un veicolo in sicurezza, motivo per cui la guida in stato di ebrezza è ritenuta una tra le più incisive delle cause di incidenti. Nella statistica "Alcohol Impaired Driving", la NHTSA ha asserito che negli USA in un lasso di tempo che va dal 2005 al 2014 il 31.07% delle fatalità su strada è stato causato dalla guida in stato di ebrezza (si parla di circa 113.000 decessi).

Oltre a quelle appena elencate, esistono molte altre condizioni che causano ogni anno incidenti stradali, che anche se meno incisive, non vanno trascurate. Tra queste si possono annoverare affaticamento del conducente, noncuranza di semafori o segnali stradali, guida notturna, difetti di progettazione dei veicoli, guida sotto effetto di stupefacenti, attraversamento della carreggiata da parte di animali e altri ancora. Si noti come, indipendentemente dall'entità della causa, nella quasi totalità dei casi il problema venga generato dal conducente o da un suo diretto comportamento; a questo proposito, si vuole citare la "National Motor Vehicle Crash Causation Survey" compiuta nel 2008 dalla NHTSA (da National Highway Traffic Safety Administration, agenzia governativa statunitense parte del Dipartimento dei Trasporti), nella quale viene asserito che "l'errore umano è la causa determinante del 93% degli incidenti stradali".

### 2.3.1.2. CONSEGUENZE

Ovviamente, quanto appena detto è causa di forti ripercussioni in più di un aspetto. L'ASIRT (Association for Safe International Road Travel), associazione no-profit che si occupa della sensibilizzazione dei viaggiatori relativamente alla sicurezza stradale, stila annualmente un report che presenta le statistiche relative agli effetti degli incidenti stradali a livello globale, e i dati ricavati sono allarmanti. In quelli più recenti è stato stimato che quasi 1.3 milioni di persone sono rimaste vittime di incidenti stradali, con una media di circa 3287 morti al giorno; a questi ne vanno aggiunti dai 20 ai 50 milioni che riportano invece ferite o disabilità permanenti. Tra le cause di morte più frequenti a livello globale, gli incidenti stradali raggiungono la nona posizione (si parla del 2.2% dei decessi globali), e se non verrà presa alcuna contromisura a riguardo, è previsto che entro il 2030 raggiungano la quinta; tristemente degni di nota, si trovano invece al primo posto come causa di decesso più frequente per gli individui dai 15 ai 29 anni, e al secondo per quelli dai 5 ai 14. Nello specifico, ogni anno quasi 400000 persone sotto ai 25 anni muoiono per un incidente stradale, con una media di più di 1000 al giorno. Seppur non gravi quanto la perdita di vite umane, gli incidenti stradali incidono in maniera estremamente negativa anche dall'aspetto economico: si parla di 518 milioni di dollari di danni annuali globali, che vanno a costare ai singoli Paesi dall'1 al 2% del proprio prodotto interno lordo. Un dato particolarmente "curioso" del report consiste nel fatto che ben più del 90% degli incidenti stradali ha luogo in Paesi a basso e medio reddito, i quali si contano possedere meno della metà dei veicoli a livello globale.

### 2.3.2. INQUINAMENTO

Soprattutto in zone ad alta densità di popolazione, i veicoli a motore sono una tra le principali cause di inquinamento. L'inquinamento in questione riguarda tre aspetti diversi, e per questo viene classificato in atmosferico, acustico e ambientale.

L'inquinamento atmosferico causato dai veicoli è dovuto all'emissione dei gas di scarico in seguito alla combustione dei vari derivati del petrolio, come gasolio e benzina; questi, rilasciati nell'atmosfera, vanno ad alterare la composizione dell'aria che viene respirata dagli esseri viventi. Le sostanze rilasciate in questo processo che porta al movimento meccanico del veicolo sono molte, ma tra le principali si possono annoverare il monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>2</sub>), piombo

(Pb) e particolato; la Environmental Protection Agency ha dichiarato che il 75% delle emissioni di monossido di carbonio proviene proprio dalle automobili. Tutto ciò ovviamente comporta delle conseguenze, sia per ciò che concerne la qualità della vita degli esseri umani (come ad esempio danni a vie respiratorie, irritazioni agli occhi o l'incorrere di patologie più o meno gravi del sistema cardiovascolare e di quello nervoso), sia per l'ambiente e l'atmosfera (si parla di aumento dell'effetto serra, aumento dello smog e caduta di piogge acide). Questo è particolarmente vero nelle zone urbane, dove è stimato che l'inquinamento dell'aria sia da attribuire ai veicoli a motore per una percentuale che varia dal 50 al 90%. L'eccessivo inquinamento atmosferico legato al traffico di veicoli è inoltre in buona parte dovuto al modo in cui i mezzi di trasporto vengono usati, ragion per cui, sarebbe necessario adottare uno stile di guida che favorisca il minor quantitativo di emissioni nocive; la diretta conseguenza è quella di guidare in modo da riuscire a consumare meno carburante possibile. Seppure in molti casi l'andamento del veicolo utilizzato è determinato dal contesto, come la necessità di percorrere strade in salita o l'essere imbottigliati nel traffico, tale obiettivo è raggiungibile andando ad adottare diversi accorgimenti durante l'attività di guida: tra questi si possono annotare l'evitare di accelerare bruscamente, evitare di caricare il veicolo in modo eccessivo, prediligere le strade pianeggianti, tenere la pressione degli pneumatici a livelli ottimali e spegnere il motore in caso di soste prolungate come semafori o passaggi a livello.

L'inquinamento acustico, così come quello atmosferico, è una diretta conseguenza della circolazione dei veicoli. Il funzionamento dei vari componenti del veicolo porta inevitabilmente alla generazione di rumore che può creare in primo luogo disagio, ma anche veri e propri danni agli individui che ne subiscono gli effetti, come ad esempio patologie croniche all'apparato uditivo o al sistema nervoso centrale (le quali si andrebbero a manifestare con sintomi come mal di testa, insonnia o esaurimento nervoso). I componenti in questione sono in particolare il motore, gli pneumatici (con il rotolamento), il cofano e le portiere (con la chiusura), ma sono rilevanti a questo proposito anche altri aspetti quali l'attrito dell'aria sulla carrozzeria, le brusche frenate e accelerazioni, oppure ancora l'ascolto di musica a volume troppo alto. A tutto questo va aggiunto che questa problematica raggiunge livelli più preoccupanti nei centri abitati o in condizioni di traffico intenso, in quanto situazioni che favoriscono l'amplificazione dell'inquinamento acustico.

Ultimo ma non meno importante, l'inquinamento ambientale è strettamente relativo al fine vita dei veicoli e di tutti i prodotti e strumenti ad essi correlati; l'abbandono delle



vetture costituisce un danno all'ambiente che può essere limitato smaltendo regolarmente qualunque componente interessato presso appositi centri di raccolta o officine.

### 2.3.3. CONSUMO DI COMBUSTIBILI FOSSILI

Problema legato a quello appena descritto dell'inquinamento è anche il sempre incisivo consumo dei combustibili fossili. L'aspetto preoccupante legato all'uso di questo tipo di carburanti è relativo alla non rinnovabilità di queste forme di energia; ciò è quindi impattante non solo dal punto di vista del danno ambientale che lo sfruttamento dei combustibili fossili comporta, ma anche dal fatto che la società attuale dovrà trovare delle contromisure per far fronte ad un eventuale esaurimento degli stessi. Aggravante di quanto detto è che il fabbisogno energetico della popolazione mondiale è in continua crescita, motivo per il quale in più settori è stato adottato un approccio a forme di energia rinnovabili, come quelle solare ed eolica. Come esempio per quantificare l'entità del problema, si vuole prendere in considerazione una statistica del 2017 svolta dalla U.S. Energy Information Administration: nella Monthly Energy Review ha rivelato che durante il 2016, negli USA, di tutta l'energia utilizzata nel Paese, il 29% è stata destinata al settore dei trasporti. Tenendo conto che il consumo totale durante il 2016 risulta essere di 4060 trilioni di BTU (British Thermal Unit, unità di misura dell'energia), si può calcolare che la percentuale che stiamo considerando ammonta quindi a 1177 trilioni di BTU. A tutto questo va aggiunto che il traffico è direttamente responsabile di un consistente aggravio al bilancio: è stimato che in America, ogni anno, i cittadini che frequentano zone urbane sprecano circa 11.7 miliardi di litri di carburante con un danno di circa 160 miliardi di dollari a causa dello stesso.

### 2.3.4. TRAFFICO E STRESS

Ennesimo problema legato al traffico stradale è quello relativo alle condizioni di stress e malessere che questa circostanza può arrecare al guidatore di un veicolo; ciò, in maniera incrementale, può indurre uno stato di disagio sia dal punto di vista fisico che da quello mentale e psicologico.

Particolare interesse in questa problematica è stato dimostrato da TomTom International BV, società localizzata in Olanda specializzata nella produzione di dispositivi di navigazione satellitare, la quale ha svolto nel 2011 un'indagine che ha coinvolto 9856

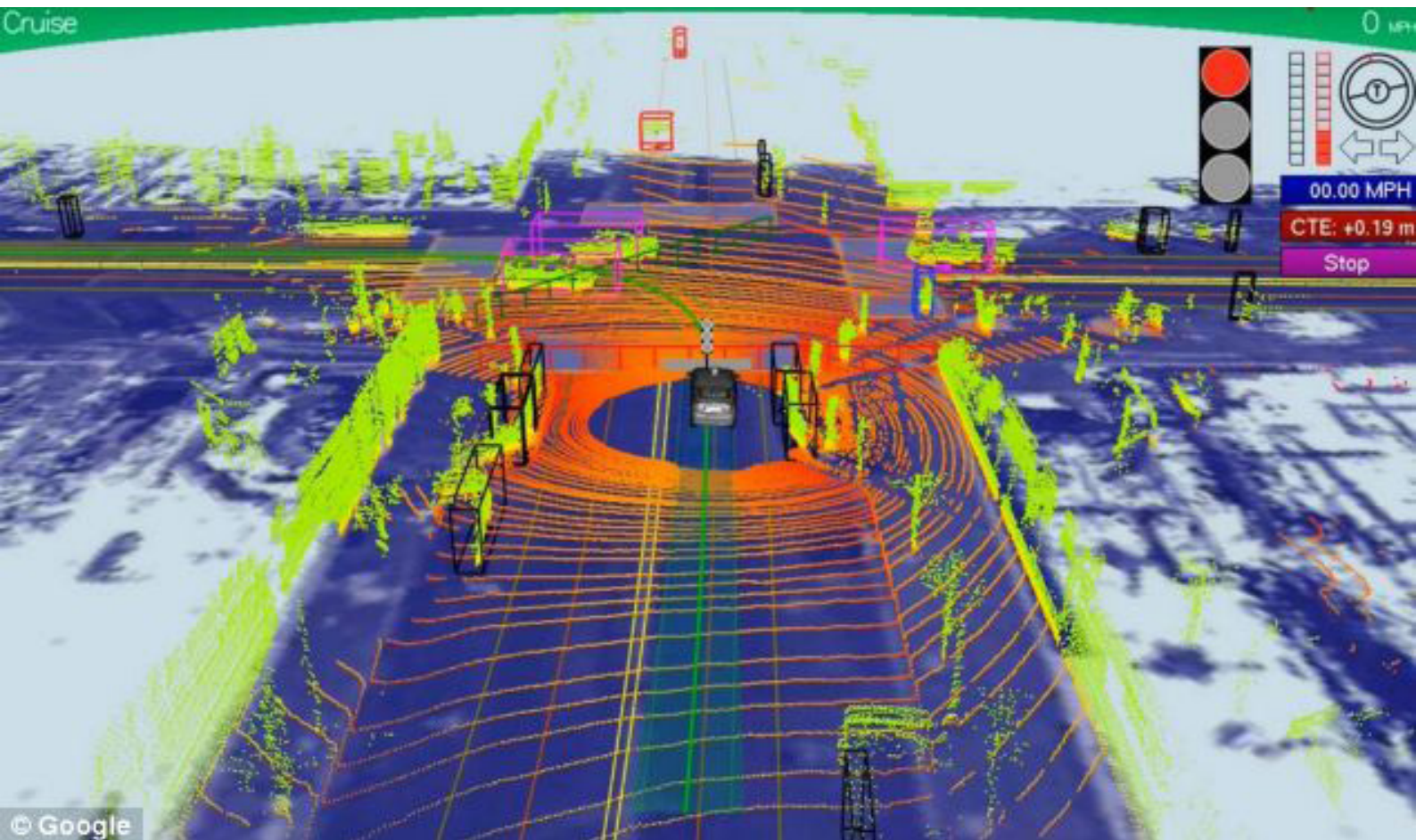
individui tra i 18 e i 64 anni provenienti da undici diversi Paesi Europei, tra i quali figura anche l'Italia. Scopo di tale studio è stato il cercare di quantificare il livello di stress accumulato dagli automobilisti; per raggiungere questo obiettivo, sono stati effettuati dei test medici sul campo andando ad analizzare i livelli di cortisolo (ormone steroideo il cui eccesso nel corpo umano provoca diversi effetti negativi a livello fisico, come aumento della pressione sanguigna, perdita di tono muscolare e stanchezza, e a livello mentale, come ansia, apatia e depressione) nei campioni di saliva raccolti dagli interessati. I risultati ottenuti hanno rivelato che già dopo 20 minuti dal momento in cui i soggetti sono rimasti coinvolti nel traffico, i livelli di stress fossero già aumentati, con conseguenti sintomi fisici come difficoltà respiratorie, vertigini e dolori muscolari e addominali, e sintomi psicologici come agitazione e difficoltà nel procedere con l'attività di guida. Tutte queste sensazioni vengono ulteriormente amplificate anche a causa dello stesso veicolo nel quale ci si trova, un abitacolo relativamente stretto e poco ossigenato, che contribuisce a sviluppare eventuali crisi di ansia. Un dato interessante che emerge da questa ricerca è che gli uomini risultano essere sette volte più soggetti allo stress da traffico rispetto alle donne.

Tomtom in seguito ha anche svolto un sondaggio tramite l'ICM Research per comprendere il punto di vista degli stessi automobilisti relativamente alla questione traffico, andando anche qui ad interrogare circa 10000 persone, dei quali 1002 italiani. I risultati sono stati decisamente eloquenti, e rivelano una decisa presa di posizione degli intervistati relativamente allo stress causato dall'onere della guida in una strada trafficata: un terzo degli interessati lo ritiene la principale causa di stress a cui sono soggetti nel corso della giornata, e sempre legato al contesto, è stato asserito che il 50% degli stessi ritiene la situazione particolarmente fastidiosa per via della quantità di tempo passata improduttivamente in auto. Tra i vari metodi per cercare di "sfuggire" da questa condizione e contrastare lo stress al primo posto vi è l'ascoltare musica, opzione preferita dal 62% degli intervistati.

Nonostante, come già detto, un tale sentimento di disagio provato dai guidatori comporti direttamente un malessere fisico e psicologico, questo rischia di avere ulteriori conseguenze che sfociano in un comportamento poco consono dell'utente alla guida del veicolo. E' stato dimostrato come la frustrazione dovuta alla permanenza in strade congestionate possa dare luogo ad una condotta aggressiva del guidatore, portando a comportamenti scorretti come il cambio di corsia senza segnalazione o l'uso illegale delle corsie di emergenza; a questo si aggiunge anche una particolare ostilità verso gli individui che viaggiano particolarmente piano o i semafori. Il tutto,

ovviamente, va a comportare dei rischi sia per il guidatore in persona che per tutti gli individui che in quel momento gli sono attorno, e va evitato quanto possibile.

## 3. SELF-DRIVING CARS



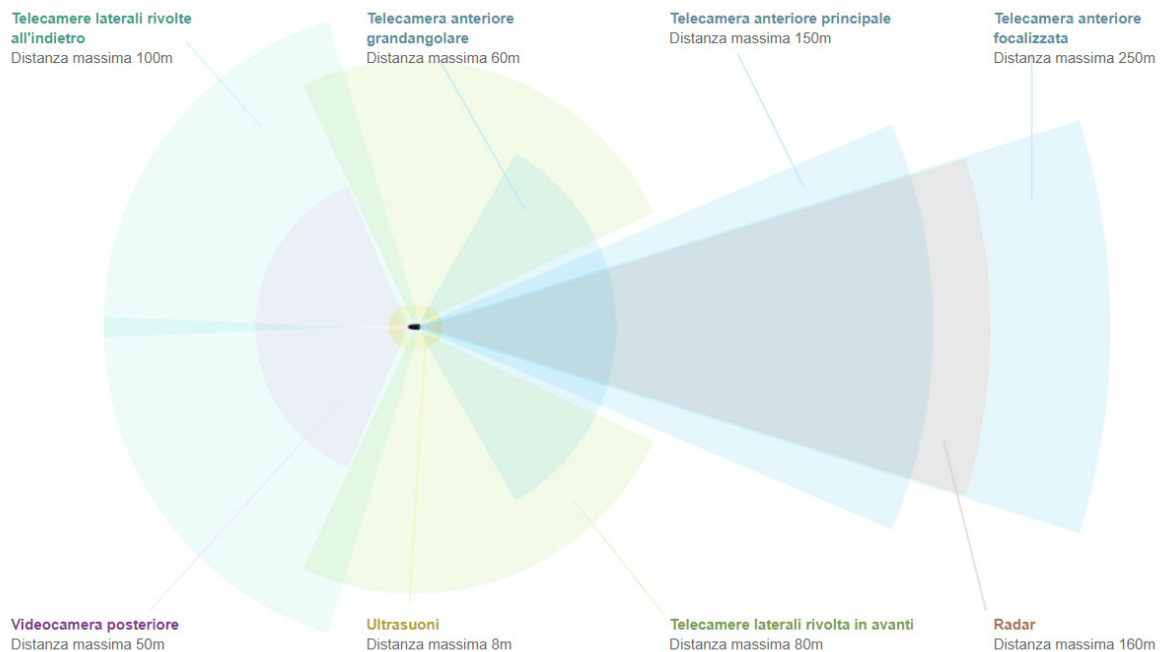
04: Visuale di Waymo attraverso i suoi sensori

### 3.1. COSA SONO?

Le auto a guida autonoma (conosciute anche con i vari nomi inglesi “self-driving cars”, “autonomous cars”, o ancora “driverless cars”) sono veicoli equipaggiati con sensori di diverso tipo in grado di ricavare informazioni dall’ambiente circostante, le quali vengono poi processate e rielaborate da un computer interno; ciò permette al veicolo di operare in maniera autonoma per ciò che concerne più aspetti della guida, come l’accelerazione, il controllo dello sterzo, il cambio delle marce e così via. Nonostante l’adozione totale di questi tipi di veicoli nelle nostre strade comporterebbe una grande quantità di vantaggi, è ugualmente vero che l’effettivo realizzarsi di tale scenario sia soggetto a non pochi impedimenti, come verrà argomentato di seguito.

## 3.2. TECNOLOGIA USATA

### 3.2.1. HARDWARE: SENSORI E DISPOSITIVI



05: Schema dei sensori installati su una Tesla Model S

Come già anticipato, le auto a guida autonoma fanno ricorso a una buona varietà di dispositivi che ne garantiscono il funzionamento e l'efficienza. Tali componenti sono per lo più dediti al monitoraggio dell'ambiente esterno, in modo da fornire più dati possibili al computer interno affinché possa effettuare le operazioni per far procedere il veicolo in tutta sicurezza sia per i passeggeri che per gli individui che si trovino in prossimità dell'auto stessa.

#### 3.2.1.1. TELECAMERE

In questo sistema che regola la modalità autopilota del veicolo, solitamente i componenti più comuni sono una o più telecamere che, lavorando contemporaneamente, riescono a dare una visione a 360° dell'ambiente circostante. L'obiettivo di questi dispositivi è quello di rilevare tutti i possibili ostacoli per la vettura. Si vuole analizzare nello specifico un caso particolare, ossia la Tesla Model S, in quanto dispone di un set di ben sette telecamere, ciascuna disposta affinché esegua un compito ben preciso:

- Una telecamera anteriore grandangolare, che tiene traccia di semafori e ostacoli che si possono incontrare a distanza ravvicinata, particolarmente utile nelle zone urbane e per manovre a velocità moderata;
- Una telecamera anteriore focalizzata, calibrata a lunga distanza e che tiene traccia degli ostacoli più lontani, particolarmente utile quando si procede a velocità elevata;
- Una telecamera anteriore principale, la quale, più generalmente, fa da supporto alle prime due telecamere descritte;
- Due telecamere laterali rivolte in avanti, una per lato, particolarmente utili nell'eventualità in cui un veicolo si immetta all'improvviso nella propria corsia e nell'attraversare un incrocio con scarsa visibilità;
- Vanno a concludere il set due telecamere laterali rivolte all'indietro, sempre una per lato, sfruttate per cambiare corsia ed immettersi nel traffico in sicurezza.

Si vuole inoltre far notare come, nel caso specifico della SDC Waymo, la linea del veicolo sia pensata anche per favorire quanto possibile la visibilità delle telecamere in questione, evitando così potenziali intralci.

### 3.2.1.2. VIDEOCAMERE

In maniera analoga alle telecamere, anche le videocamere sono dedite al monitoraggio dell'ambiente circostante. La differenza sostanziale consiste nel fatto che le immagini registrate vengono mostrate in diretta all'utente, in modo da fornirgli una visione più completa e accurata dei dintorni. Nello specifico, sempre prendendo come riferimento la Tesla Model S, si ha affiancata al set di telecamere una videocamera montata sulla parte posteriore del veicolo, al fine di fungere da supporto al guidatore per le manovre più complicate, comprese quelle di parcheggio. Riesce a coprire una distanza di massimo 50 metri.

### 3.2.1.3. RADAR

Altro strumento di monitoraggio in dotazione alle self-driving cars è il radar. Questo dispositivo è in grado di sfruttare le onde elettromagnetiche per rilevare e determinare dimensioni, posizione e velocità di un oggetto che si trovi entro il suo raggio d'azione. Nello specifico delle auto a guida autonoma, il radar è un prezioso alleato



delle telecamere per ciò che concerne il controllo dell'ambiente circostante in quanto sfrutta una lunghezza d'onda in grado di superare vari fenomeni atmosferici quali pioggia e neve, oltre che a polvere e altri veicoli; questo permette loro di sopperire alle mancanze delle telecamere soprattutto nelle condizioni climatiche più avverse. Analizzando alcuni dei modelli di self-driving cars conosciute, si può notare come i diversi produttori abbiano optato per diverse configurazioni: veicoli come Waymo o Audi A8 presentano quattro radar, i quali sono montati a coppie sui paraurti posteriore e anteriore; prendendo come esempio la Tesla Model S, invece, questa presenta un solo radar posto nella parte anteriore del veicolo, scelta presa evidentemente tenendo in considerazione anche gli altri componenti di monitoraggio del veicolo.

### 3.2.1.4. LIDAR

Come i radar, i LIDAR, acronimo di Light Detection and Ranging, sono dei particolari sensori finalizzati al telerilevamento di oggetti posti a distanza rispetto all'apparecchio. Così come l'obiettivo, anche la metodologia di funzionamento è analoga al radar, ma differente nel mezzo: mentre i radar sfruttano, come già citato, le onde elettromagnetiche, i LIDAR si servono invece di impulsi laser per determinare posizione, dimensioni e velocità di un oggetto interessato nel suo raggio d'azione. Il connubio tra LIDAR e radar per il corretto funzionamento del sistema di rilevamento di una self-driving car è estremamente importante: mentre il radar è più indicato per identificare oggetti a lunga distanza, il LIDAR, con la sua capacità di creare fedeli modelli 3D monocromatici degli oggetti scansionati, è in grado di fornirne al computer un'identità (pedoni, veicoli, muri, ecc.); ciò, nonostante la portata relativamente limitata e la minore affidabilità in condizioni climatiche avverse, lo rende estremamente utile per fornire al sistema di guida autonoma dati precisi sull'ambiente immediatamente circostante.

Purtroppo, nonostante gli evidenti vantaggi che comporta, finora l'utilizzo dei sistemi LIDAR è stato limitato per via del costo della tecnologia relativamente alto. Un sistema LIDAR è il cuore di Waymo, il sistema per self-driving car di Google; nello specifico, il sensore viene montato sul tettuccio in modo da avere una migliore visuale e ha una portata di ben 200 metri.

### 3.2.1.5. SENSORI A ULTRASUONI

I sensori a ultrasuoni sono un altro dei numerosi dispositivi di monitoraggio a disposizione dei veicoli autonomi. Sfruttano onde sonore caratterizzate da una frequenza abbastanza alta da risultare inudibile agli esseri umani per rilevare la presenza di oggetti nelle immediate vicinanze del veicolo. Il principale svantaggio di questa tecnologia rispetto alle altre già citate risiede nel limitato raggio d'azione, che raggiunge solo pochi metri di distanza; oltre a ciò, la quantità di pixel che questa tecnologia è in grado di rilevare è estremamente più limitata se confrontata, ad esempio, con la tecnologia LIDAR. Questo comporta un rilevamento approssimativo degli oggetti vicini al veicolo, ragion per cui vengono generalmente prese contromisure a riguardo: ad esempio, Tesla Modello S e Audi A8 montano ben 12 sensori a ultrasuoni a testa, in entrambi i casi divisi in egual misura tra paraurti anteriore e posteriore, quantità maggiore rispetto ad altri tipi di sensori proprio per sopperire alla minore precisione ed affidabilità. Proprio per i motivi appena elencati, i sensori a ultrasuoni vengono utilizzati principalmente come ausilio per le manovre di parcheggio, ma trovano anche un'applicazione nel rilevamento delle auto immediatamente circostanti.

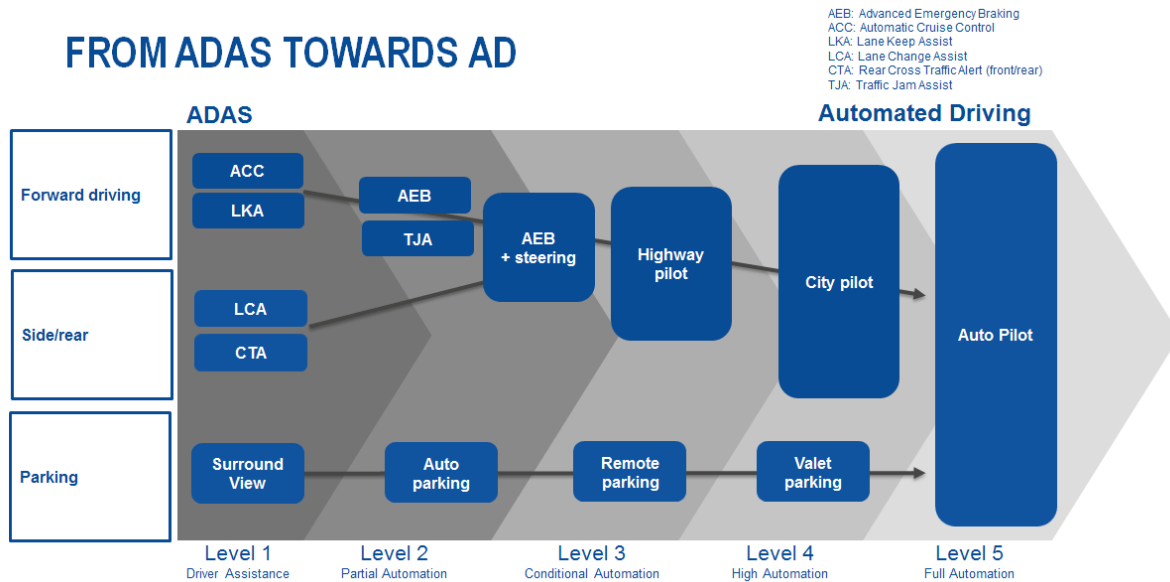
### 3.2.1.6. GEO-LOCALIZZATORE

Le auto a guida autonoma sfruttano inoltre un sistema di geo-localizzazione che riceve informazioni relativamente alla posizione precisa dell'automobile grazie al GPS. Le stime del GPS tuttavia possono essere approssimative per via di disturbi del segnale o di altre interferenze causate dall'atmosfera. Per minimizzare questo problema, i dati forniti dal GPS vengono comunque confrontati con una mappa digitale del luogo ottenuta in precedenza grazie al rilevamento degli altri sensori. Con l'avanzare del veicolo, la mappa in questione viene aggiornata con nuove informazioni sulla posizione ottenute dai sensori dell'auto. Un sistema del genere è presente su Waymo, che sfrutta un ricevitore montato sulla parte posteriore del veicolo per ricevere i dati GPS.



## 3.2.2.SOFTWARE

### 3.2.2.1.GLI ADAS



06: Schema "Dagli ADAS verso la guida autonoma"

Affinché una self-driving car sia in grado di operare correttamente, la componente hardware costituita dai vari sensori descritti nel precedente paragrafo non è sufficiente. In maniera complementare alla stessa, è necessario che vi sia affiancata una componente software, che si occupi di ricevere gli input dai sensori, per poi rielaborarli e restituire come output qualunque tipo di funzione automatica prevista dal veicolo. Nello specifico, il sistema composto da hardware e software che vanno a gestire una determinata funzionalità della self-driving car viene chiamato "sistema avanzato di assistenza al conducente", o più semplicemente ADAS (acronimo dall'inglese "Advanced Driver Assistance System"). Gli ADAS comprendono sistemi di sicurezza già presenti sul mercato da tempo, e si possono considerare come i primi step che hanno portato a quella che attualmente la concezione di veicolo intelligente: ne esistono di molti tipi diversi, ciascuno dei quali garantisce una funzione specifica e differente. Alcuni esempi sono i seguenti:

- Adaptive Cruise Control (ACC): funzione che permette al veicolo non solo di mantenere una velocità costante senza la necessità di utilizzare il pedale dell'acceleratore, ma anche di rallentare automaticamente quando un altro mezzo più avanti si avvicina oltre la distanza di sicurezza.

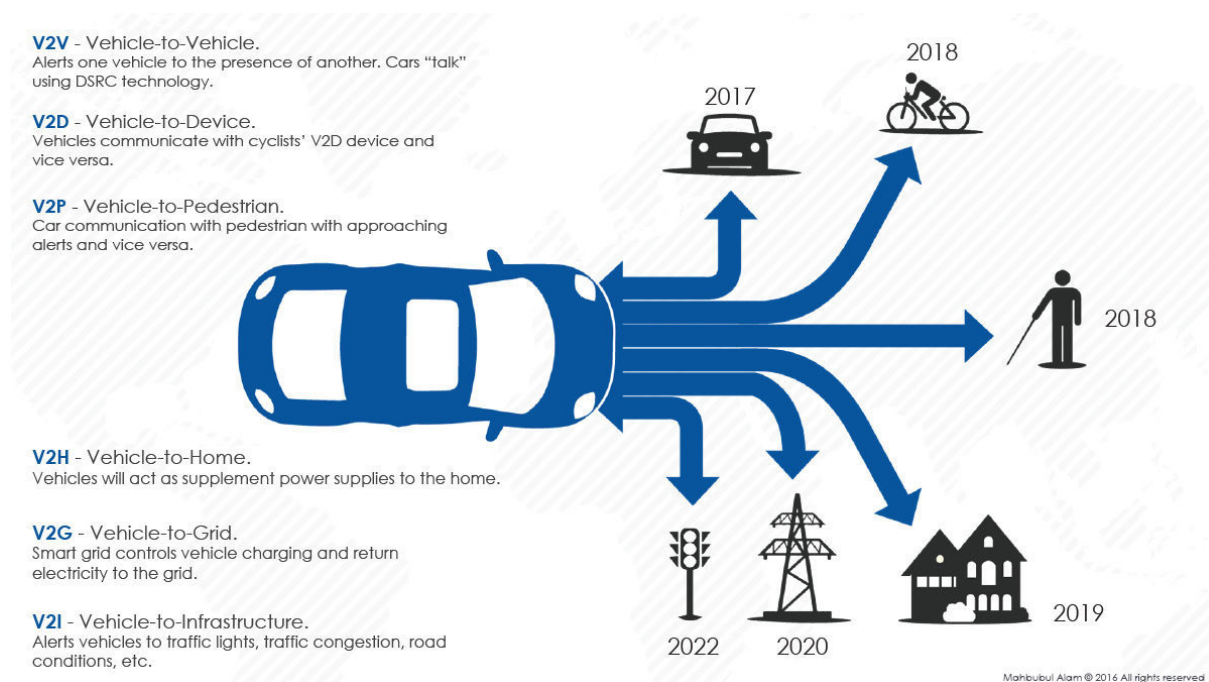
- Funzione di parcheggio automatico: funzione che si occupa di assistere il guidatore in fase di parcheggio; grazie ai vari sensori di prossimità descritti in precedenza, il sistema è in grado sia di avvertire l'utente nel momento in cui ci si trovi in corrispondenza di uno spazio sufficiente ad ospitare la vettura, che di controllare in seguito lo sterzo andando ad effettuare tutte le manovre necessarie a parcheggiare il veicolo. All'utente è comunque richiesto di inserire le marce e di accelerare quando necessario.
- Sistema anticollisione: funzione di sicurezza finalizzata all'assistenza dell'utente in caso di impatto imminente, al fine di limitare come possibile i danni dovuti ad un incidente stradale; nel caso fosse rilevato dai sensori un avvicinamento improvviso a un altro oggetto senza che il guidatore, per qualsiasi motivo (come ad esempio a causa di un colpo di sonno), non freni in maniera opportuna, il sistema provvede automaticamente ad attivare delle misure precauzionali, come pompare l'aria negli airbag, tendere al massimo le cinture di sicurezza e, ovviamente, frenare.
- Sistema di avviso di deviazione dalla corsia (LDW, da "Lane Departure Warning"): funzione che, riconoscendo grazie ai vari sensori le linee tracciate sulla carreggiata, avverte il guidatore con un segnale acustico o una vibrazione di un'eventuale invasione di una corsia adiacente.
- Sistema anti-bloccaggio (ABS, da "Anti-block Bracking System"): altro sistema di sicurezza che, in fase di frenata, nel caso venga rilevato un blocco delle ruote, le sblocca andando a diminuire la forza di frenata; in questo modo, il guidatore in caso di pericolo può premere il pedale del freno senza il timore che le ruote possano bloccarsi.

Nello specifico, in questo paragrafo ci si vuole concentrare sugli ADAS sviluppati dalle varie industrie automobilistiche che sono attualmente impegnate nella progettazione e realizzazione delle self-driving cars; questi sistemi di nuova generazione puntano ad unire più funzionalità tra quelle degli ADAS appena descritti, in modo da ottenere un unico sistema avanzato in cui tutti i vari aspetti dell'intelligenza elettronica possano comunicare tra loro nel modo più efficiente possibile. Questo processo di ottimizzazione sta portando allo sviluppo di sistemi di assistenza sempre più completi, che a loro volta garantiscono e, in futuro, garantiranno ancora più una performance di guida autonoma sempre più affidabile. Attualmente, tutti questi nuovi ADAS sono in fase di sviluppo, tuttavia alcune compagnie automobilistiche hanno optato per la scelta di dotare i propri ultimi modelli di questi sistemi di assistenza, al fine di fornire agli utenti un'esperienza, seppur non completa, di quello che per ora è ancora uno

scorcio di quelle che saranno le effettive potenzialità di un veicolo completamente autonomo; ovviamente, disponendo questi veicoli di un'opportuna connessione di rete, per le aziende è possibile aggiornare il software di guida autonoma in qualsiasi momento. Tra le varie aziende che attualmente mettono a disposizione per i loro clienti dei software di guida autonoma si hanno Tesla, Volvo, Audi, General Motors e Mercedes-Benz. I rispettivi sistemi di guida autonoma sono Tesla Autopilot (2015), Volvo Pilot Assist, Audi Traffic Jam Assist, GM SuperCruise e Mercedes-Benz Drive Pilot.

Una condizione che probabilmente verrà resa necessaria in futuro sarà probabilmente la normalizzazione dei software che regolano la guida autonoma dei veicoli: una tale unificazione sarà in grado di portare una migliore efficienza dei sistemi, agevolando lo scambio di informazioni e quindi migliorandone qualità ed affidabilità. Tra questo e l'effettiva realizzazione, tuttavia, si porrebbero gli interessi economici delle aziende produttrici.

### 3.2.2.2.V2X



07: Schema riassuntivo della comunicazione V2X



Una feature molto importante legata alla componente software e pensata per raggiungere livelli di affidabilità ancora più alti è la comunicazione V2X, abbreviazione di "Vehicle to Everything"; trattasi di un sistema che sfruttando una rete LAN e un già

citato localizzatore GPS possa permettere di condividere informazioni tra il veicolo e qualsiasi entità che sia potenzialmente in grado in qualsiasi modo di influire sulla guida dello stesso. V2X è il connubio di più sistemi di comunicazione più specifici, ciascuno dedicato a un campo particolare: nello specifico, è possibile elencare la V2I (Vehicle to Infrastructure), la V2V (Vehicle to Vehicle), la V2P (Vehicle to Pedestrian), la V2D (Vehicle to Device), la V2H (Vehicle to Home), e infine la V2G (Vehicle to Grid).

- V2V (Vehicle to Vehicle): sistema di comunicazione che permette ai veicoli di comunicare l'uno con l'altro. E' utile per riferire agli altri veicoli autonomi la presenza di eventuali pericoli o informazioni relative alle condizioni del traffico, in modo che gli stessi possano prendere in anticipo delle adeguate contromisure.
- V2I (Vehicle to Infrastructure): sistema di comunicazione che consente la comunicazione tra il veicolo e le varie infrastrutture legate all'ambito stradale, come semafori, parchimetri e lampioni. Sfruttandolo è possibile avere in anticipo informazioni come la presenza di un parcheggio disponibile, dati sulla viabilità o la presenza di lavori sulla carreggiata.
- V2P (Vehicle to Pedestrian): Sistema finalizzato a comunicare ai pedoni il passaggio del veicolo in modo da prevenire eventuali incidenti; la collisione viene predetta dal sistema basandosi su informazioni come posizione, velocità e direzione del pedone condivise dallo stesso passante tramite i suoi dispositivi di comunicazione.
- V2D (Vehicle to Device): Sistema di comunicazione che consiste nello scambio di informazioni tra il veicolo ed un qualunque dispositivo ad esso collegato; si riferisce principalmente ai dispositivi che possono essere utilizzati dagli individui alla guida di mezzi non motorizzati come le biciclette. Lo scambio di informazioni è finalizzato, come per il V2V e il V2P, a prevenire e quindi evitare eventuali incidenti.
- V2H (Vehicle to Home): Sistema di comunicazione tra il veicolo e l'abitazione del suo proprietario: tramite uno scambio di informazioni, il veicolo è in grado di determinare eventuali situazioni di carenza energetica e fungere da supporto, anche in casi di emergenza.
- V2G (Vehicle to Grid): Sistema di comunicazione tra il veicolo e la rete elettrica nazionale, grazie al quale le automobili potranno fungere da vere e proprie centrali elettriche mobili, in quanto saranno in grado sia di accumulare che di rimettere in rete l'energia elettrica, tutto a seconda dell'effettivo bisogno.

Il primo approccio a una tecnologia del genere è stato effettuato da General Motors nel 2006 sui suoi modelli Cadillac, tuttavia è noto come anche molte aziende stiano lavorando per raggiungere un obiettivo analogo, come le già citate BMW, Toyota, Audi e Volvo.

### 3.3.LIVELLI DI AUTONOMIA

SAE Level	SAE Name	SAE Narrative Definition	Execution of Steering/ Acceleration/ Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System capability (driving modes)	BAST Level 	NHTSA Level 
Human Driver monitors the driving environment								
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human Driver	Human Driver	Human Driver	N/A	Driver only	0
1	Driver Assistance	the <i>driving mode-specific</i> execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration	Human Driver and Systems	Human Driver	Human Driver	Some Driving Modes	Assisted	1
2	Partial Automation	Part-time or driving mode-dependent execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration. Human driver performs all other aspects of the <i>dynamic driving task</i> .	System	Human Driver	Human Driver	Some Driving Modes	Partially Automated	2
Automated driving system ("system") monitors the driving environment								
3	Conditional Automation	<i>driving mode-specific</i> performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> - human driver does respond appropriately to a request to intervene	System	System	Human Driver	Some Driving Modes	Highly Automated	3
4	High Automation	<i>driving mode-specific</i> performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> - human driver does not respond appropriately to a request to intervene	System	System	System	Some Driving Modes	Fully Automated	3/4
5	Full Automation	full-time performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver	System	System	System	Some Driving Modes		

08: Schema riassuntivo dei livelli di autonomia SAE

Un'industria automobilistica sempre più spinta verso la progettazione e la realizzazione di veicoli che potessero essere guidati senza un intervento umano necessitava, visti i numerosi e diversi aspetti da prendere in considerazione, di un'opportuna classificazione che fosse in grado di determinare il grado di interazione richiesto dall'utente con l'automobile per garantire sia la sicurezza dell'uno che l'effettivo funzionamento dell'altra. E' a questo scopo che la SAE International, ente di normazione nel campo dell'industria automobilistica, nel 2014 ha stilato, attraverso la "Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems", sei diversi livelli di guida autonoma. Eccoli elencati:

- Livello 0, nessuna automazione: l'utente deve occuparsi completamente della guida del veicolo; sterzo e acceleratore dipendono completamente dal guidatore,



anche tenendo in considerazione eventuali sistemi di segnalazione di pericolo. Il controllo dell'ambiente circostante il mezzo è sempre a cura del guidatore. Ri-entrano in questa categoria generalmente tutte le vetture prodotte entro gli anni 2000, e quelle che sfruttano il sistema base di cruise control (ossia la capacità di mantenere una velocità di guida costante senza dover necessariamente tener premuto il pedale dell'acceleratore).

- Livello 1, guida assistita: l'utente ha ancora completa responsabilità sulla guida del veicolo; tuttavia, il sistema provvede ad informare l'utente di eventuali pericoli o situazioni avverse tramite varie avvertimenti visivi e/o acustici. Le maggiori implementazioni di un veicolo di livello 1 rispetto a uno di livello 0 sono principalmente due: primo, il cruise control adattivo, che non solo permette di mantenere una velocità costante lungo un percorso desiderato, ma è anche in grado di far rallentare automaticamente l'automobile nel caso venga rilevata l'eccessiva vicinanza di un mezzo che la precede; secondo, i sistemi di Lane Keeping Assistance (LKA), che rendono la macchina in grado di effettuare piccole correzioni allo sterzo in modo da evitare un abbandono indesiderato della corsia di percorrenza. Anche per questo livello di automazione, all'utente è richiesto il completo controllo dell'ambiente circostante.
- Livello 2, automazione parziale: con questo livello di automazione, il veicolo diventa, in determinate situazioni, potenzialmente in grado di guidare in maniera autonoma; il sistema elettronico, in particolare in scenari predefiniti come i tragitti lungo un'autostrada, può prendere il controllo di sterzo ed acceleratore, facendo inoltre uso di frenata assistita e frenata di emergenza. La SAE ha specificato che la differenza sostanziale tra un veicolo di secondo livello e uno di primo sta nel fatto che "l'utente può non interagire con l'automobile togliendo le mani dal volante e il piede dai pedali allo stesso momento". Tuttavia, il guidatore ha ancora piena responsabilità del veicolo, e deve essere pronto ad intervenire in qualsiasi momento la situazione dovesse richiederlo; a questo proposito, l'utente deve ancora occuparsi di monitorare personalmente i dintorni del veicolo. La maggior parte dei veicoli attualmente disponibili sul mercato che vantano sistemi di guida automatica, come Tesla Autopilot, Volvo Pilot Assist, Audi Traffic Jam Assist, Cadillac Super Cruise e Mercedes-Benz Drive Pilot, appartengono livello 2 di automazione e vengono in genere definiti semi-autonomi.
- Livello 3, automazione condizionale: le automobili che raggiungono questo livello di automazione cominciano a vedersi equipaggiate con strumenti in grado di monitorare completamente l'ambiente circostante (come ad esempio il già citato LIDAR). Nonostante sia comunque richiesto all'utente di intervenire in determi-

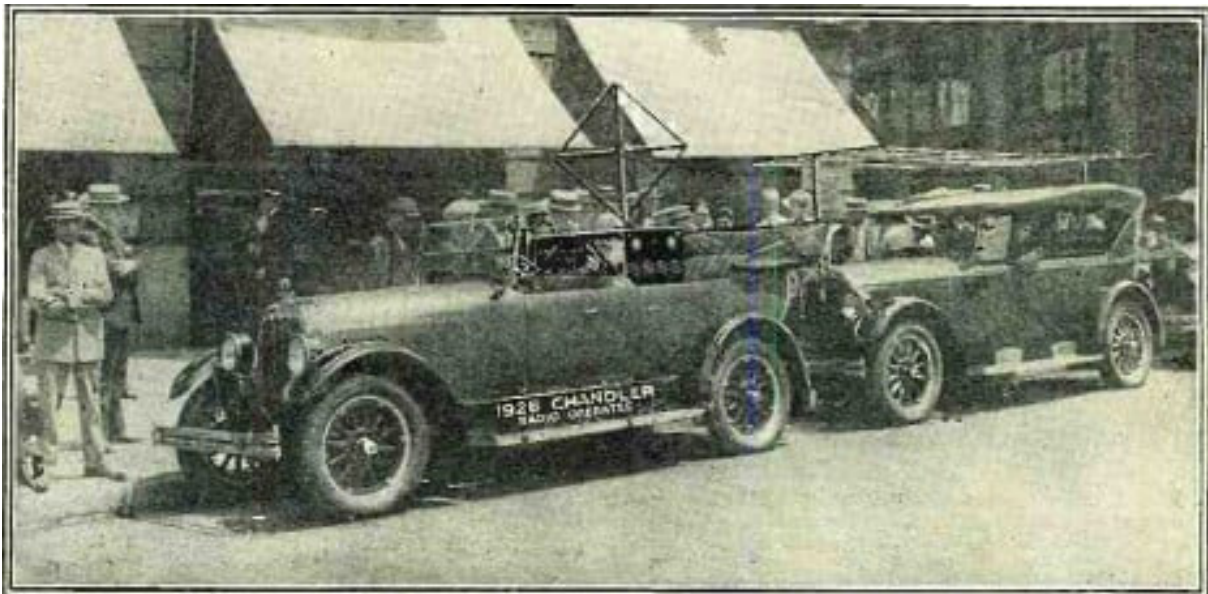
nate situazioni, la differenza sostanziale con un veicolo di livello 2 risiede nel fatto che ciò sarebbe limitato a casi di grave pericolo; questo permette all'utente, soprattutto in situazioni più controllate come il procedere a basse velocità (si parla di velocità inferiori ai 60km/h), di prestare una minima attenzione all'ambiente circostante, lasciando spazio alla possibilità di dedicarsi ad altre attività durante la guida. Il discorso relativo all'attenzione dell'utente è il principale argomento che comporta la demarcazione dei veicoli di livello di automazione 3 da quelli di livello 4. La prima compagnia ad aver dichiarato di aver raggiunto un livello di automazione 3 è stata Audi, con il modello Audi A8, equipaggiata con il sistema di guida autonoma Audi Traffic Jam Pilot.

- Livello 4, automazione elevata: con il raggiungimento del livello 4, il veicolo dispone di un'autonomia quasi totale; oltre a comprendere tutte le features dei livelli precedenti, garantisce un controllo automatico totale sulla vettura in determinate situazioni, come zone trafficate o percorrenza di strade extraurbane in generale. Il livello 4 è particolare in quanto è il primo livello nella scala di automazione a permettere che l'utente possa non curarsi completamente dell'ambiente esterno, in quanto è sempre il veicolo ad adoperarsi anche nel caso che sia necessaria una manovra pericolosa. Questo livello di guida autonoma attualmente resta comunque ristretto, come già detto, non solo a specifiche situazioni, ma anche a determinate località geografiche, ragion per cui il guidatore ha ancora la possibilità di acquisire il controllo manuale del veicolo. Il guidatore, tuttavia, con questo livello comincia ad acquisire la connotazione di effettivo passeggero. Non esistono ancora modelli di veicoli in grado di raggiungere il livello 4 di autonomia, ma si è a conoscenza del fatto che Google e Uber stiano lavorando su prototipi di questo tipo.
- Livello 5, automazione totale: Il livello 5 di automazione è idealmente il grado di automazione massimo che un veicolo potrebbe raggiungere. Un mezzo con un sistema di guida automatica di questo calibro sarebbe in grado di espletare qualsiasi tipo di funzione concernente l'attività di guida, cancellando completamente la figura di guidatore e rendendo ogni utente a bordo un semplice passeggero. Inoltre, tale grado di automazione sarebbe sufficientemente alto da rendere superflui componenti come volante e pedali, in quanto in alcun caso sarebbe previsto l'intervento degli utenti. Il veicolo si occuperà in totale autonomia di individuare il percorso da seguire, scegliere la direzione giusta e accelerare o rallentare in base a condizioni esterne, come traffico o situazioni improvvise. Attualmente i vari produttori sono ancora lontani dall'ottenere un sistema di livello 5, tuttavia NVIDIA ha annunciato lo sviluppo di un'intelligenza artificiale pensata allo scopo di avvicina-

narcisi.

Considerando il passaggio tra i vari livelli di automazione, è da considerare particolarmente importante quello che intercorre tra il livello 2 e il livello 3: da questo frangente, all'utente comincia ad essere richiesto in forma sempre minore il controllo dell'ambiente esterno. Il terzo è anche il primo livello dal quale abbia effettivamente senso cominciare a parlare di "guida autonoma" per come viene intesa in questo testo.

### 3.4.PRIMI APPROCCI



09: "American Wonder"

Nonostante il tema delle self-driving cars sia diventato particolarmente popolare solo negli ultimi anni, è noto come già dagli anni '20 del secolo scorso siano stati messi in atto dei tentativi per raggiungere risultati analoghi. Il primo in assoluto risale al 1925 per opera della Houdina Company e del suo proprietario, Francis Houdina; ingegnere elettrico e inventore, equipaggiò una Chandler del 1926 con un sistema composto da un'antenna ricevente collegata a dei piccoli motori, i quali erano a loro volta assegnati ai vari componenti di controllo dell'automobile come volante e pedali. L'American Wonder (così ribattezzata), con il suo giro inaugurale per le strade di New York, seppure con la necessità di essere controllata a distanza direttamente da un individuo, fu il primo veicolo ad uscire dallo schema che prevedeva un guidatore al volante.



A distanza di quasi 15 anni da questo episodio, nel 1939, in occasione della Futurama Exhibit di New York, particolarmente interessante era la visione del prossimo futuro che il progettista Norman Bel Geddes aveva presentato. Le sue aspettative erano che entro i successivi 20 anni il sistema automobilistico sarebbe stato rivoluzionato: tramite una “rotaia” magnetica posta lungo la strada e un sistema radio montato sulle automobili, sarebbe stato possibile non solo per i passeggeri spostarsi in tutta velocità (in quanto tale sistema avrebbe prevenuto la formazione del traffico), ma anche in tutta sicurezza, dato che il primo accorgimento citato avrebbe vincolato il mezzo al percorso impedendogli di uscire dalla corsia, mentre il secondo avrebbe permesso di tenere l’adeguata distanza di sicurezza dal mezzo precedente. Nel suo libro *Magic Motorways*, Geddes scrive “These cars of 1960 and the highways on which they drive will have in them devices which will correct the faults of human beings as drivers, [...] They will prevent the driver from committing errors. They will prevent his turning out into traffic except when he should.”, frase che rispecchia appieno la sua idea di privare l’autista dall’onere della guida. Nonostante la sua visione non si sia realizzata, è comunque stata da ispirazione per progetti futuri, come quello sviluppato da General Motors in collaborazione con RCA (ditta statunitense di musica ed elettronica) nel 1958; l’obiettivo era quello di ottenere un’autostrada automatizzata, capace di comunicare ai veicoli in transito il limite di velocità da rispettare e la presenza di eventuali ostacoli sulla carreggiata. Ciò sarebbe stato possibile grazie alla comunicazione tra dei cavi installati sotto le corsie e un dispositivo magnetico montato sull’automobile. Nonostante l’effettivo funzionamento della tecnologia in questione fu dimostrato usando prima una Chevrolet Impala del 1958, poi la concept car Firebird III, il progetto non andò ugualmente in porto a causa dell’elevato esborso economico che lo stesso avrebbe richiesto (si parla di cifre attorno ai 100.000 \$ al miglio).



10: “VaMoRs”

Il primo individuo che pur restando nell’ambito delle driverless cars riesce ad allontanarsi dal concept di Geddes è stato, nel 1969, l’informatico statunitense John McCarthy. Considerato uno dei padri dell’intelligenza artificiale, nel suo trattato *Computer-Controlled Cars* va a descrivere quella che concettualmente è l’auto a guida autonoma per come la intendiamo ora: un veicolo governato da un software che fa da “autista automatico”, aiutato da telecamere che ne controllano i dintorni, e il cui interno è equipaggiato con una tastiera dove l’utente può digitare la destinazione voluta. Ma mentre McCarthy si è limitato alla teoria, è stato Ernst Dickmanns, ingegnere aerospaziale tedesco, ad essere consacrato nel 1986 come vero pioniere dei veicoli autonomi. Il punto di svolta è stato il progetto VaMoRs, che prevedeva di equipaggiare un furgoncino Mercedes-Benz con due telecamere, otto microprocessori, un software e altri sensori: il primo veicolo ad essere dotato di quello che è un abbozzo degli attuali sistemi di guida autonoma. Grazie all’attrezzatura di cui è stato fornito, nel test effettuato in seguito il mezzo è riuscito a percorrere 20 chilometri a 90 km/h in autonomia. Ovviamente, il risultato era fortemente limitato dalla potenza di calcolo dei calcolatori di allora (si stima l’1% rispetto ai computer moderni), e tale

fatto andava ad incidere gravemente sulla performance del veicolo, se si prende in considerazione l'importanza del fatto che la risposta del software di una self-driving car dovrebbe essere abbastanza veloce da poter rispondere in modo efficiente alle situazioni che possano vederlo coinvolto. Sette anni dopo, nel 1993, Dickmanns procede con un secondo esperimento, denominato VaMP, con il quale si cerca di raggiungere nuove vette nel campo dei veicoli autonomi grazie a nuovi studi e tecnologia più potente. Nello specifico, è stata utilizzata una 500 SEL Mercedes la quale è stata equipaggiata con due telecamere dalla portata di 100 metri l'una in grado di processare immagini di 320x240 pixel, le quali, grazie al software realizzato, erano in grado non solo di riconoscere le linee sulla carreggiata, ma anche di definire la posizione dell'automobile nello spazio e di stabilire la presenza di altri veicoli nelle immediate vicinanze. Tale sistema di guida autonoma è stato testato per 1600 chilometri toccando una velocità massima di 180 km/h, e a detta dello stesso Dickmanns, "circa il 95% della distanza [...] è stata percorsa in completa autonomia.". La VaMP, assieme al suo veicolo gemello denominato VITA-2, fu la protagonista del progetto PROMETHEUS (anagramma di "PROgramme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety), che ha avuto luogo tra il 1987 e il 1995, sancito da EUREKA, organizzazione internazionale di ricerca e sviluppo tecnologici.

Un esperimento molto interessante ha luogo nel 1995, a cura di Dean Pomerlau. In occasione della No Hands Across America, sviluppò un veicolo dotato di un sistema in grado di sfruttare gli impulsi provenienti dalla rete neurale del guidatore per sterzare. Grande risalto nell'ambiente delle self-driving cars è stato diversi anni dopo, nel 2004, quello rivestito dalla competizione denominata DARPA Grand Challenge: obiettivo della stessa era quello di raggiungere nuovi traguardi tecnologici per le auto a guida autonoma, chiedendo ai partecipanti di progettare un veicolo senza guidatore in grado di percorrere, in autonomia, un tragitto di ben 240km lungo il deserto del Mojave, negli USA. Benché un ricco premio di un milione di dollari fosse stato messo in palio per l'eventuale vincitore, l'evento si rivelò essere un fallimento in quanto le condizioni alle quali i veicoli furono sottoposte nell'ambiente desertico risultarono talmente avverse che nessuno dei contendenti riuscì a raggiungere il traguardo, con conseguente mancata assegnazione del premio in questione. Il vincitore morale di questa competizione è stato il veicolo Sandstorm, veicolo dotato di vari sensori quali quattro LIDAR (tre fissi, uno mobile), un radar, due telecamere e un GPS progettato da un team di ingegneri della Carnegie Mellon University, in quanto mezzo autonomo ad aver percorso la maggior distanza tra tutti i partecipanti (quasi 12 chilometri). La stessa competizione ha visto una seconda edizione l'anno successivo, che ha preso

il nome di DARPA Grand Challenge, svoltasi lungo il confine tra California e Nevada, con un premio per il vincitore raddoppiato e pari a due milioni di dollari. A differenza della precedente edizione, questa volta ben cinque partecipanti riuscirono a tagliare il traguardo; tra questi, il veicolo che impiegò meno tempo a percorrere il tragitto, e quindi il vincitore della competizione, fu Stanley, una Volkswagen Tuareg opportunamente modificata con cinque LIDAR, un sistema GPS implementato con accelerometri e giroscopi e, per processare i dati ricevuti, un processore Intel Pentium M da 1.6 GHz.

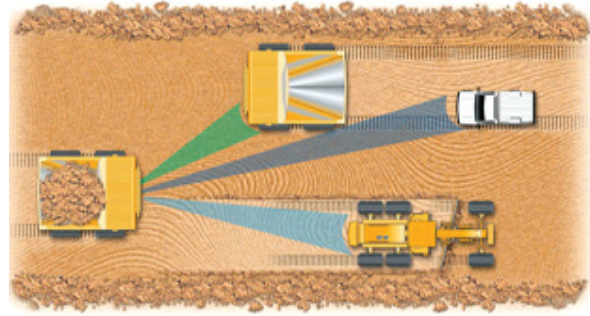
### 3.5.PRIMI MODELLI

Nonostante i veicoli senza guidatore siano stati da sempre principalmente concepiti come automobili private finalizzate al trasporto di passeggeri, tra i primi mezzi a superare la fase di prototipazione e ad essere resi disponibili per il pubblico si annoverano soprattutto delle vetture concepite per far fronte ad altri contesti rispetto alla guida su strada: ciò è chiaramente dovuto alle problematiche che tale circostanza, come verrà spiegato in seguito, comporta, e motivo per il quale in quel periodo avrebbe richiesto ulteriori futuri sviluppi relativamente a tecnologia e permessi legali per una performance ottimale su strada. Due dei mezzi di cui stiamo parlando sono Navia, prodotto da Induct Technology, società francese fondata nel 2004, e ParkShuttle, sviluppato da 2getthere, società tedesca con esperienza trentennale nel settore dei trasporti. Navia è un open air shuttle presentato come il primo veicolo elettrico autonomo ufficialmente commercializzato; sfrutta un sistema di mappaggio della zona circostante affiancato ad alcuni sensori montati a bordo in modo da rilevare ostacoli e calcolare istantaneamente la propria posizione. Può raggiungere una velocità di 20 km/h trasportando fino a otto passeggeri, ed è pensato per operare per lo più in zone pedonali che possono raggiungere un livello discretamente alto di densità di popolazione, come campus universitari o parchi a tema. ParkShuttle, invece, vanta dal 2008 di essere il primo veicolo pubblico autonomo commercializzato. In questo caso, il mezzo di trasporto impiega comunque una guida magnetica su una strada dedicata (detto FROG, da Free Ranging On Grid) per seguire il tragitto corretto, tuttavia rimane il primo veicolo pubblico a non necessitare di personale a bordo durante il servizio; raggiunge inoltre una velocità di 32 km/h, e la sicurezza dei passanti e degli altri veicoli è garantita da un apposito sistema di rilevamento ostacoli.





11: Autonomous Haulage System



12: Schema funzionamento Autonomous Haulage System

Tra gli altri validi esempi di veicoli automatici utilizzati in altri contesti si possono annoverare due prodotti particolarmente interessanti: l'Autonomous Haulage System realizzato da Komatsu, azienda specializzata nella produzione di macchinari industriali, e il Terramax prodotto dalla Oshkosh Corporation, anch'essa impegnata nello stesso campo, ma orientata anche verso la categoria dei veicoli militari. L'Autonomous Haulage System è un sistema pensato per essere integrato con veicoli finalizzati al trasporto di materiale nel contesto dell'industria mineraria, senza che sia necessario un guidatore al comando del mezzo; i veicoli in questione, per questo motivo, non presentano nemmeno una cabina di pilotaggio. Sono dotati di un sistema GPS ad alta precisione, un sistema di rilevamento ostacoli e un sistema di comunicazione wireless. Il secondo caso preso in analisi è il Terramax, veicolo militare commercializzato nel 2013 e progettato per assistere in maniera più autonoma possibile i soldati inviati sul campo, attualmente utilizzato dall'esercito americano e da quello britannico. E' equipaggiato con una grande varietà di sensori, tra cui un sistema LIDAR, un totale di sei videocamere quindici radar. Si può notare, quindi, come in questi due casi l'obiettivo principale dello sviluppo di veicoli del genere sia stato quello di evitare che potenziali operatori entrassero in contatto con condizioni ambientali avverse, o più generalmente di pericolo, che in qualsiasi modo potessero influirne negativamente sulla salute.

Per ciò che concerne le più note aziende automobilistiche in questo campo, invece, il primo passo si ha dal 2003 al 2009, con Toyota, Lexus e Ford che progressivamente vanno ad integrare sistemi di parcheggio assistito nei propri veicoli; questa funzione è una delle prime che consente all'automobile di prendere il controllo dello sterzo, lasciando che il guidatore si occupi solo di azionare l'acceleratore e di controllare l'ambiente circostante. La funzione appena descritta è una delle tante caratteristiche

che in futuro faranno parte dei sistemi di guida automatica, ma per ciò che riguarda lo sviluppo di mezzi di trasporto privati veri e propri, tra le prime compagnie di cui si ha notizia di aver dato il via allo sviluppo delle relative tecnologie vi sono Google e BMW: entrambe hanno, negli anni successivi, rivelato di aver cominciato a lavorare su progetti di questo tipo in segreto. E' attestato come BMW, già nel 2005, abbia dato via a quello che la compagnia stessa ha battezzato "Progetto TrackTrainer", attraverso il quale alcuni veicoli BMW non specificati siano stati equipaggiati con un totale di 12 sensori ciascuna, un GPS e un sistema di nuova generazione di cruise control e di rilevamento di segnaletica orizzontale. Nel 2011 BMW ha rivelato di aver inizialmente testato questi veicoli su un circuito da corsa a una velocità di 50km/h, per poi passare progressivamente a velocità più elevate. Come già anticipato, anche Google ha avviato un progetto relativo alle self-driving cars anni prima che decidesse di annunciarlo pubblicamente: il Google Self-Driving Car Project, poi ribattezzato Waymo nel 2016, ha avuto inizio nel 2009. Il progetto è in seguito diventato di demanio pubblico nel 2012, quando il Department of Motor Vehicles del Nevada ha concesso i permessi necessari per testare su strada i primi veicoli autonomi. Google fu quindi la prima ad approfittare di questo regolamento, andando ad equipaggiare una Toyota Prius con il suo set sperimentale per la guida autonoma: questo non solo ha dato il pretesto ad altre compagnie automobilistiche per fare richiesta allo stato del Nevada di nuovi permessi di circolazione, ma ha anche portato altri stati USA a considerare la possibilità di poter regolarizzare i veicoli autonomi.

Nel frattempo, anche il Volkswagen Electronics Research Lab effettua i suoi primi test relativi alle self-driving cars, e in collaborazione con il Dynamic Design Lab della Stanford University sviluppa Shelley, un'Audi TTS modificata per percorrere in maniera autonoma dei circuiti da corsa raggiungendo fino a 193 km/h, cercando di eguagliare le performance di piloti professionisti. Rivelata nel 2012, l'obiettivo di base è stato quello di sviluppare un'intelligenza artificiale in grado di guidare autonomamente un veicolo senza perderne il controllo anche in situazioni di elevata velocità.

### 3.6.MAGGIORI COMPETITORS

La vera competizione tra le varie compagnie per la realizzazione della migliore self-driving car si può dire che abbia avuto inizio nel 2013, quando più aziende automobilistiche hanno ufficialmente dichiarato di essere al lavoro per lo sviluppo di sistemi di guida autonoma pensati per essere installati sui propri veicoli e commercia-

lizzati; tra queste si annoverano General Motors, Ford, Mercedes Benz, BMW e altre ancora. Tuttavia, è nel 2015 che, con il rilascio e la commercializzazione di Tesla Autopilot da parte di Tesla nei suoi veicoli, che i primi veicoli autonomi si rendono disponibili con le loro potenzialità al pubblico. Ciò nonostante, le compagnie automobilistiche non sono le uniche società a dover essere prese in considerazione: alla scalata verso il raggiungimento del maggiore grado di autonomia possibile hanno preso parte anche altri concorrenti specializzati in settori affini, come technology providers, services providers e molte start-up. Di ciascuna di queste categorie si vuole andare ad analizzare le compagnie che più di altre stanno contribuendo al perseguimento di questo obiettivo comune e le varie collaborazioni programmate al fine di riuscire a spiccare sulla scena internazionale:



13: Loghi delle aziende automobilistiche considerate

Aziende automobilistiche:

- **BMW:** come diverse altre compagnie rivali, anche BMW ha lanciato sul mercato nel 2016 i suoi primi veicoli a raggiungere il grado 2 di autonomia, trattasi in questo caso specifico della sua linea 7 Series, le cui automobili presentavano features come il Traffic Jam Assistant e parcheggio automatico. Degna di nota per la riuscita di quanto appena scritto è stata la collaborazione effettuata nel 2015 con Daimler e Audi, allo scopo di acquistare HERE (società specializzata nella realizzazione di mappe digitali) in modo da implementarne la tecnologia nei propri sistemi di guida autonoma. BMW ha annunciato nel 2017 che entro il 2021 darà alla luce veicoli completamente autonomi, marchiati iNext, anche grazie alla collaborazione di Intel e Mobileye. La strategia di mercato di BMW è quella di rilasciare un veicolo con grado di automazione 5 nel periodo in cui le altre compagnie è

previsto rilasceranno invece auto di livello 4.

- **General Motors:** è attualmente impegnata in un progetto su larga scala di test-driving per le sue self-driving car, la cui ultimazione è prevista per il 2020, che prevede la partecipazione della società di ride-sharing Lyft per testare i propri sistemi di guida autonoma su migliaia di Chevrolet Bolt elettriche, le quali saranno senza volante, pedali e raggiungeranno un grado di automazione pari a 4. Si tratta del progetto di test-driving più imponente tra quelli previsti nei prossimi anni dalle compagnie rivali. Più nell'immediato, nel 2018 General Motors ha lanciato sul mercato il suo sistema di guida autonoma di livello 2, Super Cruise, attraverso il modello Cadillac CT6 Sedan 2018.
- **Audi:** ha rilasciato nel 2016 i veicoli A4 e Q7, che presentano un livello di guida autonoma di grado 2 grazie ai vari ADAS che permettono al guidatore di staccare occasionalmente le mani dal volante durante la guida. A inizio 2017 ha annunciato la produzione della sua Audi A8, la quale sarebbe entrata diventata disponibile entro la fine dello stesso anno e che, grazie al suo sistema chiamato Traffic Jam Pilot, sarebbe stata la prima auto in commercio a raggiungere il grado 3 di autonomia (seppure l'utilizzo di questa feature non sia ancora completamente regolamentato); il modello appena citato sfrutta un'intelligenza artificiale sviluppata da NVIDIA. Sempre in collaborazione con NVIDIA, Audi punta a sviluppare e rendere disponibili per il pubblico veicoli che raggiungano il livello 4 di autonomia entro il 2020.
- **Nissan–Renault:** è stata tra le prime compagnie a rendere pubblico un prototipo di self-driving cars destinato alla produzione industriale: dopo l'anno in questione, il 2013, Nissan ha rilasciato nel 2016 il suo personale sistema di guida autonoma, chiamato ProPILOT, programmato in modo da rendere i suoi veicoli capaci di raggiungere il grado 2 di automazione. Una versione avanzata di ProPILOT, chiamato ProPILOT 2.0, è previsto che venga rilasciato entro il 2018, il quale secondo Nissan sarà in grado di raggiungere il grado di autonomia 3. Lo step seguente previsto riguarda un'ulteriore potenziamento del sistema di guida autonoma, con ProPILOT 3.0, che permetterà di raggiungere un grado di automazione pari a 4 entro il 2020; come in molti altri casi, il suo utilizzo sarà tuttavia limitato, come Nissan spiega, a "zone mappate con particolare precisione". Si noti come, fin dal 2013, Nissan si sia prodigata nell'effettuazione di test su strada da parte di numerose Nissan LEAF dotate di sistema di guida autonoma sulle strade di Detroit e Tokyo.
- **Ford:** sta attualmente adottando una tattica particolarmente aggressiva se paragonata ai suoi competitors: mentre le altre compagnie sono generalmente inten-



zionate ad effettuare uno sviluppo graduale della tecnologia di guida autonoma passando dai livelli 2, 3 e 4, Ford punta invece a raggiungere direttamente il livello 4 di automazione, scelta adottata allo scopo di raggiungere più velocemente la possibilità di rendere tali veicoli più economicamente accessibili al pubblico. Mentre per questo obiettivo è stato pianificato il raggiungimento per il 2021, entro il 2019 Ford ha intenzione di rilasciare per i suoi veicoli due delle features solitamente presenti dal livello 2 di automazione delle self-driving cars: il Traffic Jam Assist e il Fully Automatic Parking. E' inoltre entrata in contatto con diverse start-up per collaborare sul tema dei veicoli autonomi.

- **Honda:** dettaglio peculiare di Honda relativamente alle sue scelte di marketing legate alla commercializzazione dei veicoli autonomi è la scelta, con la Civic LX lanciata nel 2016, di mettere a disposizione del pubblico un'automobile che fosse sì in grado di raggiungere un livello 2 di autonomia, ma anche di essere accessibile ai più grazie al prezzo relativamente contenuto di circa 20.000\$. Il veicolo in questione presenta, tra le varie features, Adaptive Cruise Control e Lane Keep Assist. I progetti futuri di questa compagnia prevedono di riuscire a raggiungere un livello 3 di automazione entro il 2020, con particolare attenzione che verrà dedicata allo sviluppo di sistemi V2V e V2I da implementare nei veicoli.
- **Tesla:** con la sua Model S, Tesla lancia nel 2015 il sistema di guida autonoma Autopilot, che come già anticipato, la rende il primo veicolo in commercio a raggiungere il grado 2 di autonomia. In seguito, Tesla ha preso parte a diverse collaborazioni, nello specifico si vuole ricordare quella nel 2016 con NVIDIA e quella nel 2017 con Panasonic, al fine di andare a migliorare le prestazioni dei sensori presenti sui suoi veicoli. Caratteristica per ora esclusiva di Tesla, è la possibilità concessa al pubblico di prendere parte al beta-testing dei suoi sistemi di guida autonoma (permessa in tutti gli altri casi solo a ingegneri e dipendenti affiliati alle rispettive compagnie); tale scelta ha purtroppo reso Tesla protagonista, nel 2016, del primo incidente fatale che abbia coinvolto un veicolo autonomo, con lo schianto di una sua Model S nel quale il conducente ha perso la vita. Nonostante questo, la politica adottata da Tesla per il futuro resta la più aggressiva tra i vari competitors, in quanto il suo CEO, Elon Musk, ha annunciato nel 2017 che entro due anni la compagnia sarebbe stata in grado di raggiungere l'autonomia totale per i suoi veicoli.
- **Mercedes-Benz:** come molte altre compagnie è entrata in competizione per la realizzazione di un sistema di guida autonoma nel 2013, anno in cui è già stata in grado di presentarne una versione ancora incompleta di nome DISTRONIC PLUS; è nel 2017 che invece ha debuttato, sul modello E-Class rilasciato lo stes-

so anno, il vero sistema a guida autonoma di livello 2 di Mercedes-Benz, chiamato DRIVE PILOT. Del Modello E-Class del 2017 va inoltre sottolineato che si tratta del primo veicolo in commercio a sfruttare la comunicazione V2V, attualmente limitata alle sole automobili Mercedes ma che se ne prevede l'estensione anche a mezzi di altri marchi. La compagnia ha pianificato di riuscire, in collaborazione con Bosh, a lanciare sul mercato veicoli che presentino un grado di autonomia 5 entro il 2022.

Technology providers:

- **Google-Waymo:** come già accennato nei paragrafi precedenti, Google ha ufficialmente iniziato a lavorare sul suo personale progetto sulla tecnologia per automobili a guida autonoma fin dal 2009 con il nome di Google Self-Driving Car Project, per poi essere ufficializzato e ribattezzato in Waymo nel 2016. Nello stesso anno, Google inizia una collaborazione con Fiat Chrysler Automobiles al fine di installare su 100 Chrysler Pacifica la sua tecnologia per guida autonoma, mentre nell'anno successivo con Lyft, impresa di trasporti statunitense. A febbraio 2018 può vantare di più di 5 milioni di miglia di test-driving effettuati fino a quel momento dai veicoli equipaggiati con la propria tecnologia.
- **NVIDIA:** in particolar modo per le innumerevoli industrie automobilistiche che fanno uso dei suoi prodotti, NVIDIA è tuttora una delle aziende leader per ciò che concerne la produzione di piattaforme realizzate appositamente per i sistemi di guida autonoma; ad oggi molte aziende hanno dichiarato di utilizzare piattaforme di intelligenza artificiale prodotte da NVIDIA per lo sviluppo delle proprie self-driving cars, come Mercedes-Benz, Audi e Tesla. Oltre a ciò, NVIDIA ha preso parte anche a diverse partnership, come quelle con Tesla, Bosch e Toyota. Tra le piattaforme rilasciate per questo contesto, si annoverano la NVIDIA Drive PX, la successiva versione NVIDIA Drive PX 2, e Xavier, chip di nuova generazione rivelato al CES 2018.
- **Microsoft:** già legata al settore automobilistico per via dei software da integrare nei veicoli realizzati per compagnie come BMW, Ford e Nissan, Microsoft dal 2016 ha dato il via a diverse partnership allo scopo di sviluppare tecnologia per le self-driving cars; tra queste si possono elencare quella con Harman International finalizzata ad integrare Microsoft Office con i vari dispositivi pensati per le auto a guida autonoma, oppure quelle con BMW e Nissan-Renault, che prevedono di sfruttare la piattaforma cloud Microsoft Azure per sviluppare nuovi sistemi di comunicazione tra i veicoli.

- Intel-Mobileye: lo sviluppo di sistemi di guida autonoma da parte di Intel ha inizio nel 2016 con la creazione della divisione dedicata Autonomous Driving Group, ma è nel 2017 che viene effettuato lo step successivo per il raggiungimento della scena competitiva con l'acquisizione di Mobileye, compagnia Israeliana specializzata nello sviluppo di tecnologia per self-driving cars.
- Apple: nonostante non sia stato ufficialmente annunciato, fonti interne alla compagnia hanno rivelato che fin dal 2014 Apple è impegnata nello sviluppo di tecnologia per self-driving cars in quello che è stato nominato Project Titan. L'interesse della compagnia nei veicoli autonomi ha avuto effettiva conferma nel 2017, quando la Apple ha fatto richiesta al Department of Motor Vehicles della California e conseguentemente ricevuto i permessi per testare su strada veicoli autonomi equipaggiati con la propria tecnologia, che consiste in un sistema dotato di più sensori da montare sul tettuccio dell'automobile.

### Services providers:

- Uber: una delle più affermate società di trasporti a livello mondiale. Dal 2015 si è attivata al fine di sviluppare una tecnologia per rendere autonomi i propri veicoli. Nel 2017 ha annunciato una collaborazione con Volvo, che prevede l'utilizzo di 24000 veicoli che verranno dotati di tecnologia di guida autonoma entro il 2021. Negli ultimi anni, Uber ha anche acquisito due aziende, Otto (società di sviluppo di tecnologia autonoma per camion) e deCarta (società di mappaggio della California), al fine di affermarsi nel panorama dei veicoli autonomi. A marzo del 2018 Uber e il suo progetto di self-driving cars hanno fatto tristemente parlare di loro per via dell'incidente in Arizona che ha visto partecipare un veicolo autonomo e a causa del quale una donna ha perso la vita, rendendola il primo pedone in assoluto ad essere rimasto vittima di una self-driving car.
- Lyft: società di trasporti on-demand tra le maggiori negli USA, punta nei prossimi 5 anni a rendere autonoma la maggior parte dei suoi veicoli. Per fare ciò, tra il 2016 e il 2017 ha avviato due collaborazioni: prima con General Motors, che ha investito 500 milioni di dollari affinché Lyft sviluppi una tecnologia per guida autonoma, poi con Waymo, così da affrontare tale compito sotto più aspetti. Lyft parteciperà al già citato progetto di test-driving in collaborazione con General Motors, allo scopo di testare su strada migliaia di veicoli autonomi.

Come già anticipato, allo scopo di inseguire l'obiettivo di inserirsi nel mercato nascente delle self-driving cars, sono nate numerosissime start-up, ciascuna delle quali

ha dato il via a un vero e proprio sviluppo di automobili autonome oppure è andata a specializzarsi in un ambito particolare. Ecco, in breve, di cosa si occupano alcune di quelle più note o ritenute più interessanti:

- **Zoox:** società californiana che dal 2013 punta a sviluppare dei taxi completamente autonomi. Nonostante abbia adottato una politica di massima segretezza, resta tra le start-up più quotate, venendo valutata nel 2016 circa un miliardo di dollari. Risulta essere la prima start-up ad aver ottenuto la licenza per effettuare test su strada di self-driving cars in California.
- **Swift Navigation:** punta allo sviluppo di ricevitori GPS di alta precisione che siano open source ed economicamente accessibili. Nel 2016, il primo prodotto di questo tipo lanciato sul mercato è stato chiamato Piksi. Nel 2018 ha invece rilasciato Skylark, un servizio di posizionamento satellitare basato su cloud.
- **Almotive:** nata come Adasworks nel 2015 e localizzata a Budapest, questa azienda punta a sviluppare tecnologie finalizzate a un maggiore riconoscimento e un miglior tracking degli oggetti da parte dei sensori normalmente installati su una self-driving car. L'obiettivo finale di Almotive è quello di raggiungere grazie alla propria tecnologia un livello di autonomia 5 utilizzabile senza restrizioni.
- **Comma.ai:** punta alla realizzazione di kit coi quali equipaggiare i veicoli allo scopo di renderli autonomi. Il software, tuttora in fase di sviluppo ma disponibile al pubblico per il testing, è chiamato Openpilot. Il fine della compagnia è quello di riuscire a realizzare un sistema di guida autonoma più economicamente accessibile.
- **Pilot Automotive Labs:** società fondata nel 2016 che come obiettivo ha la realizzazione di un sistema facilmente installabile sui veicoli, chiamato PILOT, in modo da dotarli di sensori normalmente previsti nelle self-driving cars; funziona in collaborazione con l'app CockPIT, da installare su tablet o cellulare. La compagnia è inoltre al lavoro su DRIVENET, un servizio cloud che possa condividere mappe 3D sempre aggiornate in alta definizione.
- **Otto:** società che si è specializzata nello sviluppo di sistemi a guida autonoma per autocarri nata nel 2016. A meno di un anno dalla sua nascita può vantare di aver reso possibile il più lungo tragitto effettuato da un camion dotato di guida automatica, pari a circa 212 chilometri. E' stata poi acquisita da Uber nello stesso anno.
- **AuRo:** start-up che ha scelto di specializzarsi nello sviluppo di mezzi di trasporto autonomi dedicati a campus universitari e altri complessi stradali privati. Nel 2017 è stata acquisita dalla mobility company Ridecell.
- **TriLumina:** società che si occupa dello sviluppo di sistemi laser e LIDAR per migliorare le prestazioni di rilevamento delle self-driving cars. Nel dettaglio, si im-

ne di sviluppare un sistema LIDAR più economicamente accessibile e un sistema di monitoraggio interno al veicolo per rispondere al meglio alle esigenze degli occupanti. E' stata fondata nel 2010 negli USA.

- nuTonomy: società fondata nel 2013 presso il Massachusetts Institute of Technology, viene acquisita da Delphi nel 2017. In questo lasso di tempo ha preso parte a collaborazioni con diverse altre società, come Lyft e Grab; è inoltre al lavoro con Mobileye (che come già detto è stata rilevata da Intel nel 2017) al fine di sviluppare entro il 2019 una self-driving car. In aggiunta, dal 2016 è diventata protagonista del primo testing su strada di un servizio di taxi autonomi a Singapore.
- Cruise Automation: Società localizzata in San Francisco che si occupa dello sviluppo di sistemi di comunicazione tra veicoli autonomi e altri veicoli e infrastrutture, oltre che della produzione di software finalizzati al raggiungimento dell'autonomia totale. Nel 2016 è stata acquisita da General Motors, cosa che le ha permesso di ricevere diversi finanziamenti e di espandere notevolmente il suo organico.

### 3.6.1. MILES PER DISENGAGEMENT

In una società non ancora completamente pronta all'avvento delle auto a guida autonoma come la nostra, è di vitale importanza per le aziende sviluppatrici di self-driving cars ottenere la fiducia dei suoi futuri consumatori. A questo proposito, soprattutto nella fase attuale di sviluppo di questi nuovi mezzi di trasporto, è stato reso necessario un metodo per quantificarne l'affidabilità, tenendo conto del fatto che non sempre a una complessità maggiore del software maggiore corrisponda necessariamente una migliore performance. E' per questo motivo che lo stato della California, il quale ha rilasciato apposite licenze al fine di permettere alle varie compagnie di effettuare test su strade pubbliche, ha anche imposto alle stesse di rilasciare annualmente i cosiddetti "disengagement report", ovvero delle relazioni relative a quanto a lungo le proprie self-driving cars siano riuscite a procedere in modalità automatica prima che si verificasse un "disengagement", trattasi della necessità che l'utente umano dovesse intervenire.

Nonostante questi rapporti siano l'unico dato effettivo che ci viene fornito relativamente all'operato di più sviluppatori, è ugualmente vero che presentano delle problematiche relative all'attendibilità di quanto scritto per diversi motivi: in primo luogo, non essendo stato definito un metodo preciso e oggettivo che sarebbe necessario

seguire al fine di compilare il report, ciascuna compagnia è libera di effettuare tale operazione come più ritiene opportuno, a scapito della possibilità di effettuare un confronto imparziale tra le performance delle aziende. Ad aggravare questo aspetto, è necessario considerare non solo il fatto che ciascuno sviluppatore abbia la facoltà di definire se quello avvenuto sia da considerare effettivamente un “disengagement”, ma anche che ogni azienda svolge in realtà test diversi sulle proprie self-driving cars, come ad esempio in maniera relativa al contesto (ad esempio, mentre Waymo concentra le sue prove su strada in piccole cittadine, General Motors è più interessata a testare le sue self-driving cars nei grossi centri urbani). In secondo luogo, come già annunciato, questi rapporti sono relativi ai dati raccolti sulle strade pubbliche della sola California, ragion per cui non si hanno notizie riguardo le compagnie che operano solo al di fuori dei suoi confini, come la Ford.

Quella che segue è una tabella che riporta i dati relativi ai disengagement reports forniti dalle varie compagnie al California DMV tra gli anni 2015 e 2017.



Company	Number of Disengagements			Number of Miles driven			Disengagements per 1,000 Miles		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
<a href="#">Baidu</a>			48		-	1,971			24.4
<a href="#">BMW</a>		1	-		638	-		1.6	-
<a href="#">Bosch</a>	625	1,442	598	935	983	2,310	668.5	1,466.9	414.1
<a href="#">Delphi/Aptiv</a>	405	178	81	16,662	3,125	1,811	24.3	57.0	44.7
<a href="#">Drive.ai</a>		59	151			6,582			22.9
<a href="#">Ford</a>		3	-		590	-		5.1	-
<a href="#">GM Cruise</a>		181	105		9,776	131,676		18.5	0.8
<a href="#">Google/Waymo</a>	341	124	63	424,331	635,868	352,545	0.8	0.2	0.18
<a href="#">Honda</a>		-	-					-	-
<a href="#">Mercedes</a>	1,031	336	842	336	2,239	1,088	460.5	499.3	774.1
<a href="#">NIO</a>			-			-			-
<a href="#">Nissan</a>	106	29	24	1,485	4,099	5,007	71.4	7.1	4.8
<a href="#">NVIDIA</a>			109			505			215.8
<a href="#">Telenav</a>			57			1,824			31.3
<a href="#">Tesla</a>		180	-		550	-		327.3	-
<a href="#">Valeo</a>			215			574			374.5
<a href="#">VW</a>	260	-	-	23,912	0	-	17.4	-	-
<a href="#">Wheego</a>			-			-			-
<a href="#">Zoox</a>			14			3,961			3.53
<b>Total</b>	<b>2,768</b>	<b>2,474</b>		<b>450,597</b>	<b>656,302</b>	<b>507,016</b>			

14: Disengagement Reports California 2015-17

Nonostante quanto detto relativamente alla potenziale inaffidabilità di questi contenuti, dalla tabella in questione si può notare come Waymo e General Motors siano

mediamente in vantaggio rispetto alle altre compagnie per ciò che concerne la quantità di chilometri percorsi in relazione al numero di interventi umani ritenuti necessari. In fondo alla lista, invece, si possono trovare Mercedes-Benz e Bosch, le quali presentano rispettivamente un disengagement per ogni 1.5 e 4.5 km circa di strada percorsa.

### 3.7. VANTAGGI

Nonostante lo scenario che vede le strade attraversate da soli mezzi autonomi sia ancora relativamente lontano, è chiaro come la sua realizzazione porterebbe a notevoli e considerevoli vantaggi, in quanto lo sfruttamento di un eventuale cervello elettronico renderebbe possibile ottimizzare aspetti che attualmente, con i veicoli tradizionali, vengono più o meno trascurati. Collegandosi al paragrafo dove in precedenza sono stati evidenziati i vari disagi che la situazione di traffico attuale comporta per pedoni, ambiente e gli stessi automobilisti, sono stati effettuati degli studi che puntano a prevedere come, andando a sostituire un sistema di guida autonoma con il guidatore umano, si possano andare a migliorare molte delle componenti della viabilità stradale contemporanea. Ecco elencati i più incisivi:

- Minor numero di incidenti: come già evidenziato in precedenza, la stragrande maggioranza degli incidenti stradali che avvengono ogni giorno è da ricondurre a una mancanza del guidatore, da eccessi di velocità a guida in stato di ebbrezza, da distrazioni di qualunque tipo a un basso tempo di reazione. Non essendo più necessario un guidatore, grazie alle self-driving cars ogni singolo incidente dovuto a cause di questo tipo verrebbe completamente evitato. Uno studio effettuato dall'Eno Center For Transportation (associazione no-profit che si occupa di ricercare nuovi metodi per migliorare ed ottimizzare la mobilità e la sicurezza dei mezzi di trasporto pubblici e privati) ha rivelato che se anche solo il 10% dei veicoli in circolazione fossero autonomi, sarebbe possibile prevenire 211.000 incidenti all'anno, il che comporterebbe conseguentemente la mancata perdita di 1100 vite e un mancato danno economico di più di 20 miliardi di dollari; uno scenario ancora più roseo è previsto se le self-driving cars fossero il 90% dei veicoli totali, con in un solo anno una prevenzione di 4.2 milioni di incidenti, 21.700 vittime in meno e un mancato danno economico di circa 400 miliardi di dollari.
- Più tempo produttivo: l'opportunità di essere in grado di utilizzare un'automobile senza doverla necessariamente guidare attivamente lascia spazio a nuove inte-

ressanti possibilità per ciò che concerne il tempo che normalmente l'utente avrebbe dovuto passare al volante. In maniera analoga ai viaggi sui mezzi pubblici, quello che in un'auto privata attualmente sarebbe il guidatore potrebbe grazie ad una self-driving car occupare il tempo del tragitto in qualunque altra attività, come leggere, lavorare o semplicemente rilassarsi. Più ricerche hanno dimostrato come l'approfittare di una pausa come quella che potrebbe garantire questo scenario prima di recarsi al lavoro, potrebbero rendere l'utente più produttivo.

- **Meno traffico:** l'ottimizzazione di accelerazione e frenate, unito ad un network di condivisione dati che fornisce tutte le informazioni utili per determinare posizione, direzione e velocità dei veicoli nei dintorni, porterebbe a un drastico cambiamento per ciò che concerne l'approccio al traffico; lo sfruttamento dei sistemi automatici previsti dalle self-driving cars consentirebbe di ottimizzare aspetti quali la velocità da adottare e la distanza di sicurezza da mantenere, rendendo il traffico più organizzato e di conseguenza più scorrevole. A questo si vanno ad aggiungere le conseguenze del primo punto di questo elenco (il minor numero di incidenti comporterà conseguentemente un minor numero di situazioni che possano congestionare il traffico) e l'avvento di eventuali taxi a guida autonoma, che ci si aspetta contribuiranno in maniera consistente alla diminuzione del traffico.
- **Minori emissioni nocive e risparmio di carburante:** l'appena descritto impatto positivo sul volume totale di traffico e sull'efficienza dei singoli veicoli che comporterebbe l'adozione delle self-driving cars avrebbe come diretta conseguenza anche un netto risparmio di carburante, che a sua volta porterebbe anche a un meno incisivo fattore inquinante; ciò sarebbe dovuto al fatto che l'utilizzo di acceleratore e freno del veicolo non sarebbe più di competenza del guidatore umano, mentre il sistema elettronico alla guida della self-driving car sarebbe in grado di provvedervi in maniera più efficiente ed ottimale possibile. Nel "Disruptive Technologies – Full Report" del McKinsey Global Institute si stima che l'adozione delle macchine a guida autonoma porterebbe alla riduzione delle emissioni di CO2 di 300 milioni di tonnellate all'anno.
- **Meno strutture e zone destinate al parcheggio:** con l'avvento dei veicoli a guida autonoma anche l'annoso problema dei parcheggi (in particolare nelle grandi città) giungerebbe a un punto di svolta. Senza avere la necessità di un guidatore al comando del veicolo, una volta raggiunta la destinazione il passeggero potrebbe semplicemente scendere dal mezzo e lasciare che sia lui a raggiungere una zona di sosta, per poi tornare a recuperarlo in un secondo momento. E' inoltre stimato che le self-driving cars richiederanno il 15% in meno di spazio per essere parcheggiate, il che porterebbe inoltre a un considerevole risparmio di spazio nelle

zone urbane di tutto il mondo. Si può inoltre considerare il fatto che le self-driving cars potrebbero concettualmente diminuire il costo della mobilità come servizio, cosa che comporterebbe una riduzione del numero dei veicoli privati in circolazione. Per i motivi appena descritti, i veicoli a guida autonoma comporterebbero un minor numero di zone dedicate al parcheggio effettivamente necessarie.

- Meno impedimenti per utenti anziani e/o disabili: un veicolo a guida autonoma sarebbe un enorme passo avanti per ciò che concerne la mobilità di individui anziani o con disabilità di vario genere, temporanee o permanenti che siano; la possibilità di poter utilizzare un veicolo senza dover necessariamente ricorrere all'uso di vista, udito o arti fornirebbe la possibilità a chiunque, indipendentemente dalle sue condizioni fisiche, di essere autosufficiente negli spostamenti. Nel meno roseo dei casi, sarebbe solo necessario che un altro individuo si occupi di programmare la destinazione.

### 3.8. OPINIONE DEL PUBBLICO

E' evidente come, a fronte dei vantaggi già citati, l'adozione delle self-driving cars comporterebbe un cambiamento non indifferente nello stile di vita della gran parte della popolazione; l'effettivo realizzarsi di questo scenario richiede però un cambiamento sostanziale della concezione di "veicolo" da parte dei suoi futuri utenti, affinché tutti i dubbi e i timori relativi a questa nuova rivoluzione tecnologica possano essere fugati. Nello specifico, è necessario che gli utenti escano dalla mentalità di dover necessariamente essere i protagonisti dell'attività di guida. E' doveroso considerare il fatto che, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, il progressivo e non immediato sviluppo tecnologico che ha visto partecipare le automobili ha permesso, poco alla volta, di abituare i guidatori all'idea che sia un sistema automatico ad occuparsi di vari aspetti che concernono il controllo e l'utilizzo del mezzo di trasporto; ne sono esempi il cambio automatico e il sistema di climatizzazione automatico. Ciò nonostante, il punto focale della questione relativa alle self-driving cars è che il guidatore sarà privato dell'attività principale, ossia del controllo attivo del veicolo tramite volante, cambio e pedali; è comprensibile pensare che un tale cambiamento possa essere visto con diffidenza. E' soprattutto a questo proposito che negli ultimi anni sono stati svolti più sondaggi su questo tema, al fine di cercare di definire al meglio l'opinione del pubblico al riguardo. Ecco di seguito alcune tra queste.

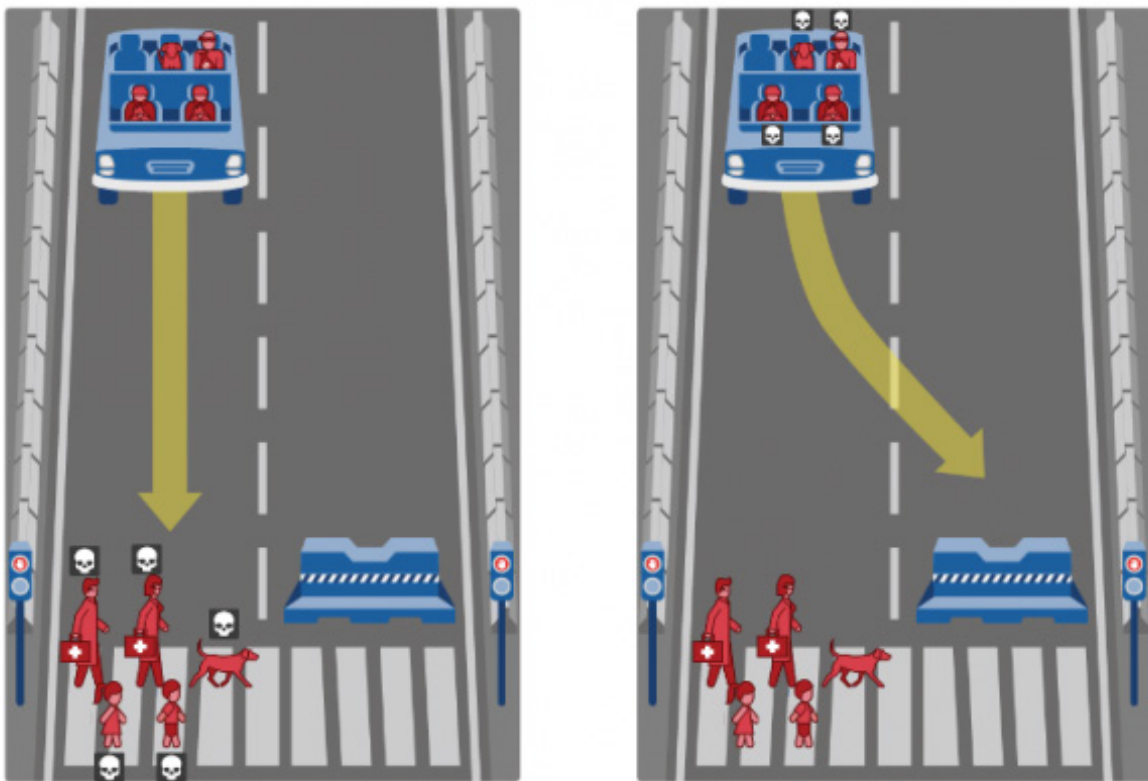
Nel 2011 è stata proposta dalla compagnia Accenture un sondaggio che ha visto

2.006 persone tra Stati Uniti e Regno Unito dare il proprio parere sull'eventualità di viaggiare su un veicolo a guida autonoma; il 49% si è dichiarato favorevole all'idea. Per ciò che concerne l'intenzione di acquistare una self-driving car, è stato invece effettuato un sondaggio dalla J.D. Power and Associates nel 2012 su 17.400 individui, che ha visto il 37% dei partecipanti ritenersi interessato all'idea, percentuale che scende al 20% se si considerano solo gli individui che sarebbero stati d'accordo anche se la tecnologia interessata sarebbe dovuta costare più di 3000 dollari. Sempre nel 2012 si registrano i risultati di un sondaggio effettuato in Germania da Puls, azienda di ricerca in campo automobilistico, dove viene rivelato che tra le 1000 persone intervistate il 22% risultava essere completamente favorevole, mentre il 24% particolarmente ostile all'idea. Nel 2014, Cisco Systems ha scelto di effettuare una ricerca su più larga scala, andando ad intervistare 1500 clienti collocati in 10 Paesi diversi; tra questi, il 57% si è rivelato essere favorevole all'idea di viaggiare su un veicolo autonomo, inoltre è stato possibile notare come tra i Paesi interessati fossero Brasile, Cina e India quelli particolarmente disposti ad adottare questa nuova tecnologia. Anche il sito Insurance.com, nel 2014, si è visto protagonista di un sondaggio analogo effettuato su 2000 soggetti, ottenendo un responso particolarmente positivo alla causa: addirittura 3 su 4 tra gli intervistati si è detto interessato all'idea di acquistare un'automobile autonoma, quota che sale ulteriormente dell'11% se tale scelta avrebbe influito positivamente sul costo dell'assicurazione. Nel 2015 è la volta della Delft University of Technology che si interessa dell'opinione di circa 5000 persone provenienti da ben 109 Paesi diversi, dalle quali si poteva evincere che buona parte ritenessero l'attività della guida come il modo migliore per godersi un tragitto in macchina. Tale sondaggio ha sollevato inoltre quelle che sono molte delle preoccupazioni che interessano tutt'ora le self-driving cars, come ad esempio le questioni relative a sicurezza, hacking o rapporto con la legge locale; tuttavia, il 37% degli intervistati ha ritenuto che avrebbe preso in considerazione l'idea di acquistarne una. In un ulteriore sondaggio svolto nel 2016 in Germania che ha visto la partecipazione di 1.603 persone, invece, si è potuto riscontrare una diversa presa di posizione relativamente alle self-driving cars in base al gruppo sociale interessato; decisamente marcata è stata la differenza di opinioni tra giovani uomini e donne, che ha visto i primi particolarmente emozionati all'idea di salire su un'auto a guida automatica, a differenza delle seconde che si sono dimostrate più timorose all'idea. Nello stesso anno è stata anche svolta una ricerca negli Stati Uniti da PwC, società di consulenze, che ha rivelato che ben il 66% delle 1584 persone chiamate a dire la propria fossero portate a pensare che il sistema elettronico di una self-driving car sia più intelligente della media dei guidatori umani.

Dai sondaggi presi in analisi, si può notare come l'opinione relativa alle self-driving cars sia particolarmente variegata e dipenda da diversi fattori, come il Paese di provenienza, l'età, il sesso e il ceto sociale. Tuttavia, con il passare degli anni è riscontrabile una crescente presa di coscienza rispetto a questa realtà che si fa sempre più vicina.

## 3.9. PROBLEMATICHE SDC

### 3.9.1. ETICA E RESPONSABILITA'



15: Trolley problem applicato al contesto delle self-driving cars

Se si considera che l'obiettivo finale dello sviluppo delle auto a guida autonoma sia quello di poter affidare completamente il controllo del veicolo in questione a un sistema elettronico, è tutto sommato inevitabile che, nel processo che in ultima ci porterà effettivamente a vedere gli utenti liberi dall'onere della guida, si debba incorrere nel problema dell'etica, ossia su come dovrebbe comportarsi il computer in determinate situazioni. Ovviamente, le situazioni più soggette a discussione sono quelle di carat-



tere fatalista: nel momento in cui fosse a rischio la vita di una o più persone, e anche nel migliore dei casi non fosse possibile salvarle tutte, esiste un modo per determinare quale sia la scelta giusta da fare? Tali situazioni, nello specifico, sono riconosciute come “trolley problems”, o “dilemmi del carrello”, i quali comportano sostanzialmente la necessità di scegliere chi debba essere sacrificato. Nonostante i guidatori umani, in occasioni del genere, siano da sempre stati soggetti a decisioni di questo tipo, per ciò che concerne un veicolo automatico la questione è completamente differente; un sistema elettronico, infatti, non verrebbe influenzato dalla gravità della situazione e dallo stress che la stessa comporterebbe, ragion per cui, a differenza di un essere umano, non avrebbe “scuse” per essere giunto a una conclusione sbagliata. E’ stato dunque allo scopo di capire come una macchina dovrebbe comportarsi che sono stati proposti diversi scenari e situazioni specifiche; molto interessante è quella proposta da Noah Goodall, transportation researcher del Virginia Department of Transportation, che immagina che una macchina senza guidatore si trovi nella condizione di dover scegliere chi investire, senza possibilità di schivare: un motociclista con il casco, o uno senza. Dopo un attento ragionamento, la conclusione sarebbe quella di colpire il motociclista col casco, in quanto la protezione aggiuntiva andrebbe a ridurre la probabilità di ferite più gravi. Tuttavia, una simile presa di posizione da parte della vettura porterebbe a uno sviluppo quasi paradossale della vicenda: se infatti le auto diventassero predisposte per rispondere in questo modo a una situazione simile, questo non spingerebbe i motociclisti a non indossare più un casco, per evitare di essere scelti come bersagli?

Per ovviare a questi problemi esistenziali che potenzialmente potrebbero non avere mai una risposta certa, è stata anche avanzata la proposta di lasciare che sia il fato a decidere: in questo scenario, sarebbe di un generatore automatico di numeri randomici la responsabilità di giungere a un verdetto il più equo possibile. Un’altra soluzione avanzata prevede che l’utente, prima di avviare il veicolo, imposti su un’apposita scala quanto egli ritenga più importante la propria vita rispetto a quella di un altro individuo, e in caso di necessità, lasciare che il computer decida sul da farsi basandosi sulla stessa. Altre soluzioni, anche se per lo più limitate al solo livello teorico, si basano su correnti di pensiero filosofiche come la deontologia e l’utilitarismo: nel primo caso, la self-driving car dovrebbe seguire sempre e comunque delle istruzioni specifiche indipendentemente dalla situazione da affrontare, in quanto assolutamente logiche e inconfutabili; nel secondo caso, invece, l’obiettivo dell’automobile dovrebbe essere quello di puntare a massimizzare “l’utilità” del suo utente, intesa come unità di misura della felicità dell’individuo.

Tra gli esperimenti sociali che sono stati realizzati su questo argomento si può citare The Moral Machine: trattasi di un sito internet sviluppato in collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology sul quale viene data la possibilità di dare il proprio giudizio su diversi trolley problems nello specifico contesto delle self-driving cars, andando a scegliere quello che secondo l'utente è il "male minore" tra le due opzioni proposte. Oltre a questo, viene data la possibilità agli utenti di creare nuovi scenari, di condividerli, di discuterne e raccogliere opinioni da altri individui.

Tutto ciò che è stato scritto finora porta ad un altro grande problema motivo di discussione relativo alle self-driving cars, ossia quello riguardante la responsabilità morale, economica e penale di un eventuale incidente stradale. Come per ciò che concerne l'ambito delle decisioni che dovrebbe prendere il sistema intelligente alla guida della self-driving car, anche in questo caso la questione è di difficile risoluzione, e al momento si hanno solo diverse proposte su degli eventuali metodi di approccio al problema. Tra le varie opzioni avanzate da alcuni esperti in caso di incidente si avrebbe la principale colpevolezza del produttore, in quanto sarebbe da ritenere responsabile dell'eventuale malfunzionamento del veicolo; questa verrebbe ritenuta una scelta particolarmente lungimirante, in quanto si crede che sia per evitare conseguenze legali che per proteggere l'immagine del brand, le varie compagnie produttrici si troverebbero spronate ad evolvere ulteriormente la tecnologia di guida autonoma. Al contrario, vi sono anche sostenitori dell'idea che lo stesso possessore del veicolo debba essere ritenuto responsabile di un eventuale sinistro: egli, infatti, al momento dell'acquisto dovrebbe dichiarare di essere pienamente consapevole dei rischi che comporterebbe l'utilizzo di una self-driving car. In ultimo è stata inoltre presa in considerazione la responsabilità delle varie figure che si occuperebbero dello sviluppo del software sul quale dovrebbe basarsi il sistema di guida automatica, in quanto principale artefice del comportamento del veicolo in modalità autonoma, oppure, a fronte di evidenti difetti di produzione, i fornitori di un eventuale componente del mezzo.

### 3.9.2. HACKING

Il concetto di veicolo intelligente, terreno fertile sul quale ha attecchito l'idea iniziale che ha portato a quelle che oggi conosciamo come self-driving cars, si basa sulla necessità di implementazione di vari dispositivi e sistemi, come i già citati ADAS, al fine di rendere il mezzo di trasporto sempre più efficiente e sicuro da usare. Tuttavia, con l'avvento di nuove tecnologie, del sempre più presente comparto digitale e di un

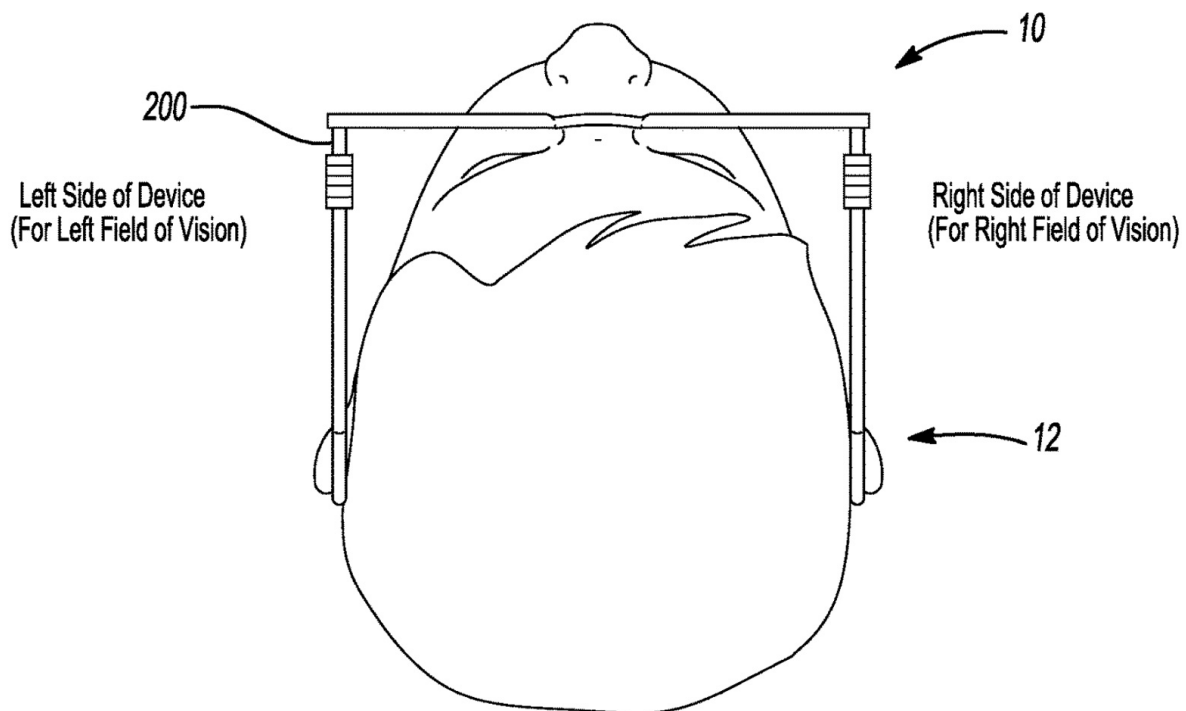
eventuale network che possa connettere le automobili tra loro avanza di pari passo un nuovo, preoccupante scenario che rischierebbe di rendere i veicoli da noi utilizzati delle vere e proprie armi nelle mani di malintenzionati: si parla della possibilità che le auto a guida autonoma possano essere hackerate da terzi. Se, infatti, quando l'intelligenza elettronica del veicolo si limitava alla sola possibilità di regolare autonomamente funzionalità come temperatura interna e velocità del veicolo, con la capacità di fare in modo che il mezzo possa muoversi da solo aumenta esponenzialmente anche i rischi, sotto questo particolare aspetto, ai quali saremmo sottoposti.

Sono stati ipotizzati diversi scenari che sarebbero resi possibili nell'eventualità che la manipolazione non autorizzata in remoto di un veicolo diventi realtà; basti immaginare ad un ladro di automobili che, dietro una console, riesca a farsi raggiungere da un veicolo non di sua proprietà. Uno scenario più preoccupante vede invece la funzionalità di guida come uno strumento per attuare dei veri e propri sequestri di persona: una volta che l'utente designato dovesse salire in macchina, basterebbe bloccare tutte le uscite e impostare una nuova destinazione nel pilota automatico del veicolo. Quasi analogo, sia per modalità che per gravità, sarebbe un tentato omicidio per mezzo di una self-driving car: se un terzo individuo dovesse essere nella condizione di poter accedere da remoto a qualsiasi comando del veicolo, farlo incorrere deliberatamente in un incidente stradale risulterebbe estremamente semplice. Probabilmente i peggiori tra gli scenari ideati relativi all'hacking dei veicoli sono quelli legati al terrorismo; manovre di questo tipo, a seconda dell'obiettivo dei direttori, potrebbero portare a gravissime conseguenze sia in termini di vite umane che di danni economici. Basti pensare, facendo riferimento agli eventi che si sono resi tristemente noti negli ultimi anni, ad una delle modalità di attacco con cui l'organizzazione terroristica ISIS ha diffuso il terrore in varie grandi città: Nizza, Berlino, Barcellona e Parigi sono tra i casi più noti di centri urbani che si sono visti attraversare le strade da veicoli guidati a grande velocità da individui il cui unico obiettivo era quello di fare più vittime possibili tra i civili. Finora questo tipo di attacco era limitato dalla necessità di avere un attentatore al volante; grazie alle self-driving cars sarebbe dunque più semplice compiere un atto del genere, lanciando semplicemente il veicolo sulla folla controllandolo da remoto. Sempre considerabile come atto di terrorismo, si vorrebbe inoltre rivolgere l'attenzione alla possibilità che venga diminuita la velocità di percorrenza delle automobili di un intero Paese, andando a congestionare ulteriormente il traffico e creando così un danno considerevole all'economia.

Con la realtà delle self-driving cars che si fa sempre più attuale, le varie aziende

sono sempre più impegnate in questa sfida sulla cyber security. La già citata SAE ha rilasciato delle linee guida sulle quali i produttori possono fare affidamento per la progettazione dei sistemi di sicurezza digitale; tuttavia, data la gravità del tema, sarebbe ottimale se le aziende potessero condividere i risultati ottenuti in questo campo e sostanzialmente lavorare assieme per raggiungere più in fretta questo obiettivo comune, cosa purtroppo poco propensa alla realizzazione data l'estrema competitività presente nel settore.

### 3.9.3. SELF-DRIVING CARSICKNESS



16: *Visore anti self-driving carsickness, Michael Sivak Brandon Schoettle, University of Michigan*

E' noto come, anche per ciò che concerne i mezzi di trasporto più tradizionali, molti individui possano soffrire di vari disturbi legati allo spostamento del veicolo sul quale si trovano. Tali disagi sono dovuti alla chinetosi, anche detta motion sickness, un disturbo causato dalla discrepanza tra la visione di un movimento e ciò che viene effettivamente percepito dall'apparato vestibolare (trattasi dell'organo sensoriale che contiene le cellule legate all'equilibrio) dell'utente. Nel caso specifico di interesse per quanto concerne questo testo, tra le varie tipologie di chinetosi, si vuole approfondire quella che si verifica con la percezione di un movimento da parte dell'apparato vesti-

bolare che però non viene avvertito dall'occhio umano; di questa categoria fa parte il mal d'auto. Questa forma di malessere si manifesta frequentemente nei passeggeri a bordo di un'automobile nel momento in cui si trovano a svolgere diverse attività, come ad esempio leggere un libro o usare il cellulare; questo accade in quanto, mentre dal punto di vista visivo il libro o il dispositivo resti fermo sotto gli occhi dell'utente, il senso dell'equilibrio rileva il movimento dato dallo spostamento del veicolo, causando un conflitto tra le due informazioni. Gli individui colpiti possono presentare diversi sintomi, tra cui vomito, vertigini e nausea: ciò a causa di quanto appena scritto, in quanto a seguito di questi stimoli il cervello arriverebbe alla conclusione che l'organismo sia in preda ad allucinazioni perché avvelenato, inducendo quindi il rigetto al fine di espellere l'inesistente tossina. E' stato inoltre stimato tramite uno studio effettuato analizzando i database della 23andMe (azienda americana specializzata nei campi di genomica e biotecnologie) che circa una persona su tre (si parla di 80 individui su un totale di 494) è suscettibile a chinetosi; altro dato interessante ricavato da uno studio effettuato da Kay M. Stanney e Philip Hash (ricercatori presso la University of Central Florida) nel 1998 è che il guidatore è meno frequentemente soggetto a questa tipologia di problemi, e si suppone sia per via del fatto che il sistema nervoso centrale effettui una predizione sugli effetti del proprio movimento basandosi su esperienze precedenti.

E' chiaro come tutto ciò possa diventare un problema di rilevante incidenza nel momento in cui il mezzo considerato dovesse essere una self-driving car: la possibilità di dedicarsi ad altre attività, indipendentemente dal fatto che siano finalizzate allo svago o all'incremento della produttività lavorativa, è senza dubbio uno dei punti di forza che stanno alla base dell'idea secondo la quale l'adozione dei veicoli autonomi sarebbe oggettivamente vantaggiosa.

Attualmente, compagnie automobilistiche e studiosi sono alla ricerca di sistemi da implementare nelle self-driving cars per evitare o quantomeno inibire gli effetti che la motion sickness indurrebbe nei passeggeri. Tra i progetti più noti è possibile citare quello di Waymo, che a febbraio 2018 ha pubblicato il suo brevetto per un sistema di prevenzione del mal d'auto che consiste in più funzioni, tra cui la possibilità di scegliere tra vari itinerari da percorrere con una guida più o meno sportiva, consigli per i passeggeri più sensibili relativamente al posto dove sedersi, e un pulsante da premere per spingere gli utenti a non leggere o guardare verso il basso durante il tragitto. Anche Uber nel novembre del 2017 ha reso pubblico un suo progetto chiamato "Sensory Stimulation System", il quale prevede di precedere ogni manovra del veicolo

con un adeguato stimolo sensoriale riprodotto su uno schermo interno all'automobile, al fine di minimizzare il già citato conflitto tra vista e senso di equilibrio. Concettualmente simile a quanto proposto da Uber, anche l'idea sviluppata dalla University of Michigan punta su stimoli visivi che, in questo caso, verrebbero invece procurati da un visore o da un paio di appositi occhiali; la sequenza di luci che ne risulterebbe andrebbe ad agire sulla vista periferica dell'utente, mimando così ciò che l'individuo dovrebbe vedere guardando fuori dal veicolo e replicando, visivamente parlando, la sensazione di spostamento percepita dall'apparato vestibolare.

### 3.10. RAPPORTO CON LA LEGGE

E' evidente come le self-driving cars, per loro natura, comportino la necessità di andare a ripensare quelle che sono le basi della legislazione per ciò che concerne la circolazione dei veicoli: regole di base come il fatto che il guidatore debba sempre essere in pieno controllo del veicolo e cosciente di ciò che esso stia facendo, come asserito durante la Vienna Convention on Road Traffic, cozzano palesemente con l'idea che sia invece un sistema automatico ad occuparsi del tutto. A questo si va ad aggiungere che ogni Paese, di base, imposta le proprie regole per ciò che concerne il codice della strada, fatto che va ulteriormente a complicare l'impresa di legalizzare le self-driving cars.

A livello mondiale, attualmente la situazione relativa ai veicoli a guida autonoma è ancora da ritenersi in fase embrionale: non esiste ancora alcuna norma vera e propria che permetta un utilizzo integrale delle self-driving cars, piuttosto si potrebbe dire che diversi Paesi hanno dato la propria approvazione a più compagnie per la sperimentazione delle stesse su strade pubbliche. Tra questi, si contano vari Stati degli USA, tra cui Florida, Nevada e California; per l'Asia, invece, abbiamo Cina, Corea del Sud e Giappone. In Oceania sul tema delle driverless cars si è attivato il governo australiano, mentre per l'Europa i primi due Paesi ad essersi aperti a questa novità sono stati Germania e Regno Unito.

E' negli USA, e più precisamente nello Stato del Nevada, che nel 2011 ha visto la luce la prima legge che abbia permesso alle auto a guida autonoma di percorrere le strade pubbliche; un ruolo fondamentale per l'approvazione della stessa è stato giocato da Google e il suo appoggio, in quanto interessata ad eventuali test su strada della sua self-driving car Waymo (allora ancora Google Self-Driving Car Project).



La prima autorizzazione ad essere stata rilasciata in tutta Europa è stata per mano del governo inglese, che dal 2013 ha dato la possibilità alle aziende (ma non al pubblico) di testare su strada la loro vetture predisposte per la guida automatica. Il primo vero e proprio disegno di legge europeo riguardante le auto a guida autonoma, tuttavia, è di paternità tedesca, datata 2017: comunque, nonostante l'utilizzo del sistema di guida automatica sia consentito, è da sottolineare come sia stato specificato che in caso di incidente la responsabilità sia completamente del conducente, che deve essere sempre pronto ad intervenire. A questo proposito, la legge richiede che l'utente, prima che gli sia richiesto di riprendere il controllo manuale del veicolo, venga avvisato dal sistema con un tempo di preavviso necessario a riassumere il controllo della situazione. A tutela del guidatore è prevista una scatola nera la cui consultazione permetterebbe di attribuire la responsabilità del sinistro. Anche in Italia, di recente, è stata data la possibilità di ottenere l'autorizzazione per sperimentare le auto a guida autonoma: è stato possibile grazie al ministro delle Infrastrutture Delrio tramite l'approvazione del decreto "Smart Road" nel 2018, insieme ad altri provvedimenti finalizzati a rendere le strade più sicure e diminuire la portata del traffico.

Come abbiamo visto, la diffusione delle self-driving cars è anche limitato dalla necessità di stravolgere i canoni della guida classica. Resta però un valido interrogativo: anche quando la legge permetterà senza restrizione alcuna ai veicoli autonomi di viaggiare per strada, sarà necessario programmarli affinché possano infrangerla in situazioni d'emergenza?

### 3.11. SELF-DRIVING CONCEPT CARS

Il momento in cui le driverless cars raggiungeranno l'ipotetico massimo livello di autonomia e la figura del guidatore scomparirà completamente segnerà un punto di svolta, una vera rivoluzione per il sistema dei trasporti per come lo conosciamo ora. Questa, per i progettisti, è e sarà un'opportunità irrinunciabile per gettare le basi di quello che sarà un veicolo non più pensato per essere guidato, ma per essere vissuto; la necessità, finora primaria, di realizzare un prodotto costruito attorno alla figura del guidatore svanirà, lasciando spazio a una rielaborazione dell'archetipo di automobile per come lo conosciamo, dando vita a qualcosa di completamente nuovo. Sono già molte le aziende automobilistiche che si sono fatte avanti presentando al pubblico degli avveniristici concept di automobili completamente autonome. Di seguito, si vogliono prendere in analisi alcuni di quelli più interessanti proposti dalle case automo-

bilistiche più influenti.

- **Symbioz**: questo concept è stato presentato da Renault al Frankfurt Motor Show di settembre 2017, firmato dalla designer polacca Aleksandra Gaca ed è previsto che raggiungerà le strade entro il 2030 raggiungendo il livello 4 di autonomia. Vera particolarità di questo modello è che l'automobile in questione è stata pensata per essere considerata come un'estensione della propria abitazione: a questo proposito, si può notare come mentre la scocca esterna tragga ispirazione dall'architettura contemporanea, gli interni cerchino invece di richiamare i dettagli e le finiture di un moderno salotto facendo soprattutto affidamento a materiali inusuali per l'industria automobilistica come rame, marmo e porcellana. Il nome, "Symbioz", deriva proprio dal concetto alla base del quale il veicolo dovrebbe entrare in simbiosi con la propria residenza sotto più di un aspetto; sia da quello energetico, andando a gestire l'elettricità da fornire all'automobile in base alle esigenze dell'utente, sia da quello comunicativo, grazie alla sempre attiva comunicazione wireless con l'abitazione. Inoltre, sempre in occasione del Frankfurt Motor Show, per enfatizzare questo legame Renault ha realizzato un'intera abitazione dotata di una piattaforma rotante in grado anche di spostare il veicolo sui vari piani della stessa. I sedili sono pensati in modo da poter ruotare su loro stessi, permettendo quindi ai passeggeri che siedono davanti di restare faccia a faccia con chi è seduto sui sedili posteriori dando le spalle al parabrezza.



17: Renault Symbioz



18: Renault Symbioz contestualizzata

- **Sedric, I.D. Vizzion**: Volkswagen si distingue nel campo delle automobili senza guidatore con due concept, presentati al Salone di Ginevra delle edizioni 2017 e 2018, rispettivamente nominati Sedric e I.D. Vizzion. Sedric (acronimo che sta per SELF DRIVING Car) è un veicolo pensato per essere totalmente elettrico e per raggiungere, una volta che verrà commercializzato, un livello di autonomia 5;

per questo motivo, presenta un abitacolo sprovvisto di volante e pedali. E' stato sviluppato dal Future Center Europe in collaborazione con il centro di ricerche Volkswagen, e una delle features principali presentate è l'introduzione di un cosiddetto Universal Mobility ID, che una volta registrato permetterebbe di ritrovare a bordo di un qualsiasi modello le proprie informazioni già caricate nel sistema. Al fine di rendere l'abitacolo più confortevole è prevista anche una installazione nella quale crescere delle piccole piante ornamentali. Anche I.D. Vizzion presenta dettagli molto innovativi: tra le caratteristiche più interessanti si hanno un sistema di analisi facciale, con il quale il veicolo è in grado di riconoscere il proprietario, e i fari anteriori HD Matrix, i quali possiedono 8000 punti luce coi quali è possibile andare a proiettare simboli sulla carreggiata, come ad esempio delle strisce pedonali virtuali per invitare i pedoni ad attraversare la strada. Oltre a ciò i progettisti fanno vanto anche dell'abitacolo, che è ritenuto particolarmente spazioso.



19: Volkswagen Sedric



20: Volkswagen Sedric dettaglio



21: Volkswagen I.D. Vizzion



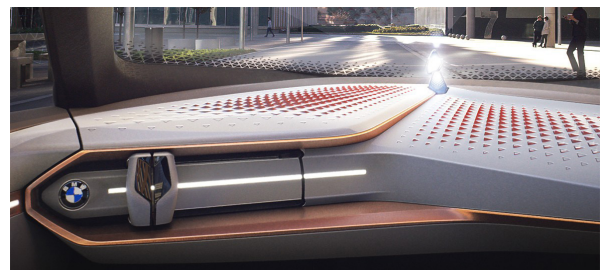
22: Volkswagen I.D. Vizzion interni

- Vision Next 100: concept car sviluppata da BMW e presentata in occasione del Centenary Event a Monaco nel 2016. Presenta due modalità di utilizzo, attraverso

so i quali cambia sia la configurazione interna che l'approccio degli utenti con il veicolo: la prima è la modalità definita "Ease", che prevede il rientro nella plancia di volante e console centrale e la rotazione dei sedili verso il centro, permettendo il dialogo tra i passeggeri e lasciando che l'automobile gestisca la guida in autonomia. La seconda modalità, invece, è chiamata "Boost", che lascia al guidatore il pieno controllo del veicolo, ricevendo comunque l'assistenza fornita dai vari sistemi di supporto come una innovativa interfaccia proiettata sul parabrezza. La carrozzeria presenta una linea sportiva tipica del marchio BMW, con apertura di portiere ad ali di gabbiano e un coefficiente aerodinamico particolarmente elevato, pari a 0.18. Tuttavia, uno dei particolari più caratteristici relativi al design di questo concept riguarda la tecnologia dell'Alive Geometry: consiste in ben ottocento triangoli disposti sulla plancia progettati in modo da variare forma in maniera dipendente dal messaggio che il sistema vuole comunicare all'utente, come ad esempio per avvisarlo di un pericolo imminente come un attraversamento improvviso della carreggiata da parte di un pedone. L'Alive Geometry è utilizzata anche per la carenatura delle ruote da parte della carrozzeria esterna anche in fase di sterzata, così da seguirne l'orientamento e migliorando l'aerodinamica del veicolo.



23: BMW Vision Next 100



24: BMW Vision Next 100, Alive Geometry

- F 015: durante l'edizione 2015 del Consumer Electronics Show di Las Vegas, Mercedes-Benz ha colto l'occasione per presentare il suo personale concept di self-driving car, concepito come "mobile living space". Come il sottotitolo che ne accompagna il nome, "Luxury in Motion", può fare intendere, la F 015 è pensata per raggiungere una qualità di fascia medio-alta; il design interno del veicolo, oltre ad essere caratterizzato come già visto nei precedenti concept da sedute rotanti e volante a scomparsa, può vantare di finiture particolarmente lussuose. L'ispirazione ricevuta dai moderni salotti viene inoltre rispecchiata dalla scelta dei materiali,



che includono legno di noce, alluminio, vetro e nappa colore ice white. Gordon Wagener, Chief Design Officer della Daimler AG, a riguardo ha commentato “Con la F 015 Luxury in Motion abbiamo voluto sviluppare un lussuoso veicolo con un ambiente interno simile a un salotto, che potesse combinare sensualità e purezza in modo molto speciale facendo appello in egual modo a intelletto ed emozioni, esercitando un’attrazione naturale. Oltre a ciò, l’esterno doveva a prima vista imporre la propria visionaria e pionieristica personalità“. L’interno del veicolo è inoltre equipaggiato con sei schermi, disposti sia frontalmente che lateralmente le sedute; il tutto integrato con un sistema che permette agli utenti di comunicare con il veicolo stesso tramite gesti, eye-tracking e touch screens ad alta risoluzione. Mercedes-Benz si aspetta che l’F 015 venga rilasciata attorno al 2030.



25: Mercedes-Benz F 015



26: Mercedes-Benz F 015 interni

- Concept-i: questa concept car è stata presentata da Toyota nel 2017, in occasione del Consumer Electronics Show di Las Vegas di quell’anno. Il punto di forza di questo modello è sicuramente il sistema utilizzato per comunicare informazioni ai passeggeri e a chiunque si trovi in prossimità del veicolo: non presenta schermi all’interno dell’abitacolo, in quanto le informazioni sono riportate sul parabrezza attraverso un head-up display; sulla carrozzeria, invece, sono integrati due schermi nel frontale e nella coda allo scopo di comunicare con il mondo esterno. Alla Concept-i, durante il Salone di Tokyo dello stesso anno, Toyota ha voluto affiancare due nuovi concept, che vanno ad espanderne la gamma: si tratta della Concept-i Ride e di Concept-i Walk. Il Concept-i Walk può essere classificato come un monopattino elettrico intelligente, pensato per risolvere i piccoli problemi della mobilità quotidiana, dotato di sensori presenti sulla parte frontale del mezzo in grado di analizzare la strada e rilevare eventuali pericoli. Particolarmente interessante, invece, risulta essere la concept car Concept-i Ride: trattasi infatti di un veicolo basato sulla Concept-i classica, ma molto più compatto e creato per venire incontro alle esigenze delle persone disabili. Presenta abbastanza spazio da

ospitare fino a due persone e una sedia a rotelle; inoltre, per agevolare quest'ultima nel salire a bordo, è previsto che la seduta si sposti automaticamente in modo da fare spazio.



27: Serie Toyota Concept-i



28: Dettaglio Toyota Concept-i



29: Toyota Concept-i Ride

- IDEO Commuter, Cody, WOW: IDEO, compagnia specializzata nello human-centered design, ha sviluppato ben tre concept di self-driving cars degni di nota, ciascuno rivolto a un particolare target. IDEO Commuter è il veicolo pensato per diventare un'automobile familiare; gli interni presentano grandi vetrate, una console che funge da tavolo centrale e delle sedute ruotabili. IDEO Cody è un veicolo autonomo pensato per sostituire gli attuali corrieri nei servizi di consegna delle compagnie come Amazon, UPS o DHL; tra le caratteristiche principali si annoverano la completa mancanza di un abitacolo e la completa trasparenza della scocca esterna. Oltre a ciò sono previsti anche una superficie interna aspirante in grado di mantenere i pacchi in posizione e un braccio robotico il cui scopo sarebbe sia quello di organizzare al meglio lo spazio all'interno del veicolo che di porgere il pacco al destinatario, dopo averne accertato l'identità. Altro concept molto interessante è IDEO WOW, acronimo di Work On Wheels ("lavoro su ruote"), che si prefigge come obiettivo quello di realizzare uno spazio semovente completa-



mente dedicato al contesto lavorativo; anche in questo caso la scocca esterna sarebbe completamente trasparente, mentre l'interno presenterebbe un design simile ad un ufficio moderno, con tanto di sedie e tavolo al centro. Lo scopo dietro a tale concept è quello di dare agli impiegati la possibilità di attraversare durante l'orario di lavoro zone piacevoli e rilassanti, al fine di incrementarne la produttività.



30: IDEO Commuter



31: IDEO Cody



32: IDEO WOW

E' possibile notare come la maggior parte dei concept presi in analisi presentino vari elementi in comune: il più evidente tra questi è sicuramente l'organizzazione dello spazio interno. Come già accennato, la prospettiva di eliminare la figura del guidatore da quello che è l'archetipo attuale degli autoveicoli dà la possibilità di ripensare completamente il loro design interno e la disposizione dei vari elementi, e questo ha portato buona parte dei progettisti a rielaborarlo configurandolo come quello che i più riconoscerebbero come una sala di un edificio da abitare e vivere. Non solo: la presenza di altri elementi come un tavolo centrale, sottolinea come gli utenti abbiano la completa facoltà di dedicarsi ad altro durante il tragitto, e il tutto nel miglior comfort possibile. E' inoltre molto importante sottolineare come tale cambiamento renderebbe il veicolo anche un potenziale spazio sociale, dando la possibilità ai passeggeri di conversare faccia a faccia. Tuttavia, la presenza, seppure a scomparsa, di volante e pedali nella maggior parte di questi concept, vuole indicare due cose in particolare:

primo, che nonostante l'idea sia quella di rivolgere lo sguardo verso il futuro, molte delle aziende automobilistiche al momento sono concentrate sull'idea di raggiungere un livello 4 di autonomia, attualmente più a portata di realizzazione se paragonato al livello 5. Secondo, che attualmente l'esperienza di guida è da molti ancora ritenuta importante e gratificante, ragione per cui è necessario adattare l'opinione dell'utenza in modo graduale, fino a raggiungere una futura completa scomparsa del ruolo di guidatore.

### 3.12. PREVISIONI

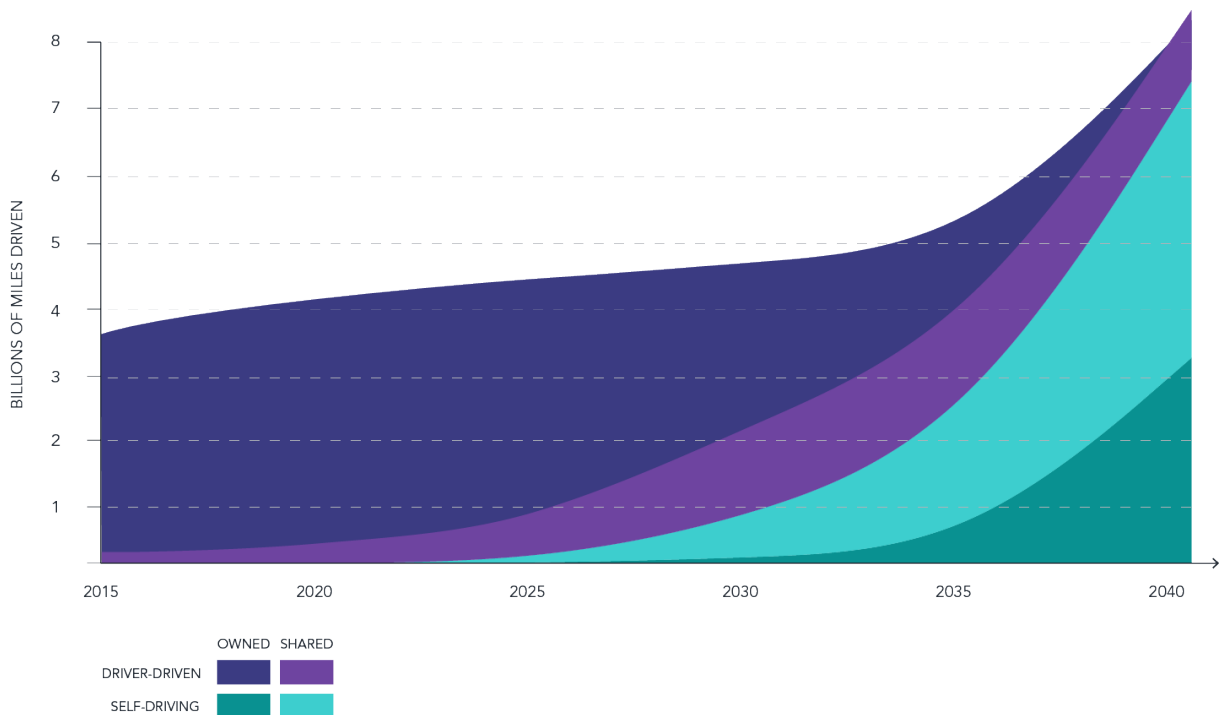
Il tema relativo alle self-driving cars, come considerato nei paragrafi precedenti, sta acquisendo sempre più risalto e importanza nel corso degli ultimi anni. Al fine di cercare di prevedere quale sarà il futuro delle auto a guida autonoma sotto più punti di vista, come quelli economico e sociale, esperti e altre compagnie hanno svolto diversi studi a riguardo.

In un rapporto rilasciato da Lux Research, è stato stimato che il mercato delle self-driving cars potrebbe arrivare a contare fino a 87 miliardi di dollari entro il 2030; nello stesso anno, ci si aspetta inoltre che il 92% delle automobili in commercio raggiunga il livello 2 di automazione e il restante 8% il livello 3, mentre i veicoli di livello 4 o 5 non saranno ancora disponibili. Anche secondo BCG (Boston Consulting Group) il valore del mercato delle automobili autonome raggiungerà quote simili, pari a 42 miliardi di dollari entro il 2025, per poi arrivare a 77 miliardi entro il 2035; è inoltre previsto che entro quell'anno verranno vendute circa 12 milioni di driverless cars. IHS Markit dichiara invece che secondo le sue previsioni di mercato nel 2025 saranno in circolazione circa un milione di veicoli autonomi, mentre entro il 2040 saranno state vendute intorno ai 33 milioni di unità. Si prevede inoltre che gli USA fin dal 2019 saranno in testa nella produzione delle self-driving cars, mentre per fare sì che Europa e Cina raggiungano gli stessi volumi si dovrà aspettare fino al 2021. Secondo BIS Research entro il 2026 il mercato globale per gli ADAS raggiungerà un valore di 61 miliardi di dollari. Strategy Analytics pone invece l'anno di traguardo durante il quale prevede che i veicoli autonomi raggiungeranno la piena affermazione, nel 2040. Gli studi prevedono inoltre che grazie alle opportunità che le caratteristiche delle self-driving cars comporteranno, in particolare il tempo libero dovuto al fatto che non sarà più necessario spenderne guidando, darà origine a quella che in molti hanno definito passenger economy. La passenger economy, ossia l'insieme di tutte quelle

attività diventate possibili da questa frazione di tempo resa disponibile, rappresenta una grande opportunità per lo sviluppo di una nuova forma di mercato: su richiesta di Intel, il team Strategy Analytics ha effettuato uno studio dal quale è risultato che tale mercato potrebbe raggiungere, verso il 2035, un valore di ben 800 miliardi di dollari. Altro aspetto che è stato preso in considerazione nelle previsioni è ciò che concerne i costi di gestione di una self-driving car. Oltre all'effettivo prezzo dei veicoli autonomi, scoglio tuttora difficilmente superabile per via del costo elevato dei singoli componenti, si prevede che la manutenzione di sensori e affini comporterà spese aggiuntive non indifferenti; l'importanza dell'aspetto sicurezza giocherà un ruolo determinante e comporterà la realizzazione di scocche più resistenti e la presenza di sensori ridondanti. T. Stephens nel 2016 ha previsto che a causa di questi motivi il costo di un veicolo autonomo oscillerà dagli 0.8 agli 1.2 dollari al miglio, più alto se paragonato alla media di dollari al miglio prevista dagli attuali veicoli, ossia dagli 0.40 agli 0.60. Sempre a questo proposito, nel 2017 la Johnson and Walker ha ribadito come secondo le sue anticipazioni i veicoli elettrici autonomi che verranno impiegati nei servizi di car-sharing costeranno 0.85 dollari al miglio durante il 2018, ma che saranno destinati a scendere drasticamente entro il 2035, raggiungendo una spesa di 0.35 dollari al miglio. Bosh, invece, per ciò che concerne i veicoli autonomi pubblici, prevede che raggiungeranno un costo di 0.20-0.40 \$ al miglio per persona, stimando una media di 3-6 passeggeri.

Una conseguenza di quanto appena detto è relativa ai servizi di car-sharing. Assumendo che i costi e la manutenzione dei veicoli autonomi restino poco accessibili al grande pubblico, si ritiene che i servizi di car-sharing possano trovare terreno fertile per potersi espandere ulteriormente.

Legato al contesto che vede le self-driving cars particolarmente propense in futuro ad essere scelte per i servizi di trasporto, è previsto anche come i trasporti pubblici adotteranno con buona probabilità veicoli autonomi come mezzi di servizio: la società svizzera UBS prevede che entro il 2035, nelle città in cui saranno disponibili, l'80% delle persone userà dei taxi a guida autonoma per i propri spostamenti, e la possessione di veicoli privati crollerà del 70%. A distanza di altri 15 anni invece, nel 2050, è previsto che le self-driving cars private circoleranno in numero ormai pari a quello dei taxi autonomi in transito.



33: Previsione veicoli autonomi e non, privati e non, 2015-2040.  
*The Fully Autonomous Car Update 2017*

Peter Newman, nel suo studio “The Fully Autonomous Car Update” del 2017, prevede come dal 2025 i servizi di car-sharing subiranno un graduale incremento di richiesta, in concomitanza con l’affermazione delle self-driving cars come mezzo di trasporto; allo stesso tempo, è previsto che i veicoli autonomi saranno per lo più concentrati per l’utilizzo all’interno di servizi pubblici. Entro il 2040 sono stimati più di 8 miliardi di miglia percorse globalmente ogni anno (più del doppio rispetto a quanto registrato nel 2015) e la sparizione totale di mezzi privati non autonomi, soppiantati dai self-driving vehicles che saranno per la maggior parte condivisi.

Altra previsione, purtroppo negativa, relativamente alla diffusione di self-driving cars è legata all’eliminazione di figure professionali che concernono la guida di veicoli, come tassisti e camionisti. Questo nuovo mercato, sotto questo punto di vista, contribuirà alla sparizione e alla perdita di molti posti di lavoro. L’U.S. Bureau of Labor Statistics ha calcolato che nel 2012 negli USA circa 4 milioni di persone erano impiegate come autisti di autobus, taxi, camion e corrieri; 4 milioni di posti di lavoro che, solo negli USA, andrebbero perduti con l’avvento dei veicoli autonomi.



## 4. CONCLUSIONI



34: Possibile futuro scenario di guida

Da tutto ciò che è stato scritto finora, si può evincere come attualmente il mondo si trovi a un punto di svolta nel settore delle automobili. Tra pochi anni, le nostre strade saranno trafficate da sempre più veicoli che richiederanno sempre meno coinvolgimento degli utenti per ciò che concerne gli oneri della guida. Il settore dell'industria automobilistica è tuttora impegnato in una gara alle self-driving cars, e tutti i partecipanti sono decisi a cavalcare l'onda che si sta generando. Tuttavia, per fare sì che tutto ciò si avveri, le compagnie automobilistiche, assieme a start-up e technology e service providers, dovranno risolvere diversi considerevoli problemi:

- Guadagnare la fiducia degli utenti: è stato sottolineato come, seppur rivoluzionaria e portatrice di numerosi vantaggi, la tecnologia di guida autonoma sia ancora

poco accettata e vista con diffidenza dai consumatori. Saranno necessari ancora diversi anni affinché il concetto di self-driving car possa radicarsi nella mentalità degli utenti finali.

- Considerare i bisogni degli utenti: molti individui tengono molto in considerazione la possibilità di guidare e il piacere che riescono a trarne. L'eliminazione della figura del guidatore prevede anche la possibilità di entrare in conflitto con utenti come questi.
- La produzione su larga scala: come già accennato, la produzione di veicoli autonomi prevede un maggiore esborso economico dovuto alla grande quantità di componenti, tra i quali soprattutto i vari sensori, che risultano essere attualmente poco accessibili a livello economico: ciò si ripercuote sia sul prezzo di acquisto del veicolo, sia sui costi di manutenzione. E' necessario provvedere a standardizzare questi componenti in modo da abbattere i costi di produzione.
- L'incertezza dell'aspetto legale: in caso di sinistro, non essendoci un guidatore al volante, a chi va attribuita la responsabilità dell'accaduto? Come è stato spiegato, esistono più alternative, ma nessuna tuttora riconosciuta in modo unanime. Senza una definizione chiara relativamente all'attribuzione delle varie responsabilità, difficilmente le self-driving cars potranno raggiungere le nostre strade.

Si vuole inoltre esprimere una considerazione dovuta alle previsioni effettuate dalle varie aziende di marketing: nello specifico, si vuole sottolineare la discrepanza tra quanto concluso dagli studi effettuati e quanto invece affermato dalle varie compagnie automobilistiche relativamente agli anni nei quali sarebbe prevista l'uscita di veicoli autonomi con grado di autonomia superiore al terzo. Mentre i primi sostengono che ciò avverrà nei primi anni '20, gli studi prevedono invece che una vera diffusione di questi mezzi avverrà intorno agli anni '30 - '40. Considerando tutte le problematiche elencate in precedenza, in particolare quelle relative alla regolamentazione di questo tipo di veicoli, si ritiene sia da considerare più attendibile la seconda e meno ottimistica previsione.

Ricollegandosi a quanto appena detto, si ritiene come sia più probabile che nell'immediato futuro i veicoli autonomi troveranno maggiore applicazioni in contesti di trasporto pubblico e car-sharing, prima di affermarsi nell'ambito dei veicoli privati; questo, per via delle numerose complicazioni che vedono ancora oggi implicati i veicoli autonomi, consentirà di creare un ambiente limitato dal punto di vista del numero di veicoli ma a tutti gli effetti funzionante e integrato con la società, ma soprattutto controllabile da un punto di vista logistico e tecnologico.



# 5. RIFERIMENTI

## 5.1. BIBLIOGRAFIA

- GEONOVUM Team: "Self-Driving Vehicles (SDVS) & Geo-Information"
- Alexander Hars: "Autonomous cars: the next revolution looms" (2010)
- Elliot Martinan, Susan Shaheen: "The Impact of Carsharing on Household Vehicle Ownership", Access #38 (2011)
- Noah J. Goodall: "Ethical Decision Making in Automated Vehicles During Unavoidable Crashes", Virginia Center for Transportation Innovation and Research (2013)
- John Wiley & Sons: "(Re)liability of Self-Driving Cars. An Interesting Challenge!" (2014)
- Associazione Internazionale per il Trasporto Pubblico: "Statistic Brief, Local Public Transport Trends in the European Union" (2014)
- Brandon Shoettle, Michael Sivak: "A Survey of Public Opinion About Autonomous and Self-Driving Vehicles in the U.S., the U.K., and Australia", University of Michigan Transportation Research Institute (2014)
- Maurice Schellekens: "Self-driving cars and the chilling effect of liability law" (2015)
- Michael Sivak, Brandon Schoettle: "Motion Sickness in Self-Driving Vehicles", University of Michigan Transportation Research Institute (2015)
- Hella Engerer, Uwe Kunert: "Fuel Consumption in Road Traffic" (2015)
- U.S. Energy Information Administration: "International Energy Outlook 2016" (2016)
- Robert Trappl: "Ethical Systems for Self-Driving Cars: An Introduction" (2016)
- Mark Coeckelbergh: "Responsibility and the Moral Phenomenology of Using Self-Driving Cars" (2016)
- Cyriel Diels, Jelte E. Bos: "Self-driving carsickness" (2016)
- Associazione Internazionale per il Trasporto Pubblico: "Urban Public Transport in 21st Century"
- U.S. Energy Information Administration: "International Energy Outlook 2017" (2017)
- U.S. Energy Information Administration: "March 2018 Monthly Energy Review" (2018)
- Todd Litman: "Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning", Victoria Transport Policy Institute (2018)
- MacPherson Hughes-Cromwick: "Public Transportation Fact Book 68th Edition", American Public Transportation Association (2018)

## 5.2. SITOGRAFIA

- <https://www.bcg.com/it-it/publications/2016/automotive-public-sector-self-driving-vehicles-robo-taxis-urban-mobility-revolution.aspx>
- <https://www.bcg.com/it-it/industries/automotive/self-driving-vehicles-car-sharing.aspx>
- <http://www.driverlessrace.cf/>
- <http://www.energysavingsecrets.co.uk/publictransportvsprivatetransportthedebate.html>
- <https://www.statista.com/statistics/281134/number-of-vehicles-in-use-worldwide/>
- <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>
- <https://www.blablacar.it/blablalife/era-della-condivisione/sharing-economy/definizione-car-sharing>
- <https://www.6sicuro.it/auto/car-sharing>
- <https://www.riparasicuro.it/car-sharing-vantaggi-della-mobilita-senza-impegni-quasi/>
- <https://globenewswire.com/news-release/2017/03/28/945740/0/en/Car-Sharing-Market-to-hit-16-5bn-by-2024-Global-Market-Insights-Inc.html>
- <http://asirt.org/initiatives/informing-road-users/road-safety-facts/road-crash-statistics>
- <http://www.after-car-accidents.com/car-accident-causes.html>
- <http://www.transport.govt.nz/research/crashfacts/speed/>
- [https://www.huffingtonpost.com/laiza-king-/top-15-causes-of-car-accidents\\_b\\_11722196.html](https://www.huffingtonpost.com/laiza-king-/top-15-causes-of-car-accidents_b_11722196.html)
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23500830>
- <https://www.environmentalleader.com/2012/01/how-traffic-jams-affect-air-quality/>
- <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/road-traffic-air-pollution.html>
- <https://auto.howstuffworks.com/percentage-of-air-pollution-due-to-cars.htm>
- <https://instituteeforenergyresearch.org/topics/encyclopedia/fossil-fuels/>
- [https://www.eia.gov/energyexplained/?page=us\\_energy\\_transportation](https://www.eia.gov/energyexplained/?page=us_energy_transportation)
- <https://www.focus.it/tecnologia/motori/uomini-al-volante-piu-stressati-delle-donne>
- <http://www.italiasalute.it/601/Stress-da-traffico-aggressivit%C3%A0-e-ansia.html>
- <http://corporate.tomtom.com/releasedetail.cfm?releaseid=580281>
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/%28SICI%291098-2337%281999%2925%3A6%3C409%3A%3AAID-AB2%3E3.0.CO%3B2-0>
- <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140138908966134>
- <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/001401397188198>
- <https://www.unece.org/trans/roadsafe/rs4aggr.html>

- <https://www.national.co.uk/tech-powers-google-car/>
- <http://www.archer-soft.com/en/blog/lidar-vs-radar-comparison-which-system-better-automotive>
- <https://www.sensormag.com/components/three-sensor-types-drive-autonomous-vehicles>
- <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-technology/an-introduction-to-ultrasonic-sensors-for-vehicle-parking/24966/>
- <https://www.elettronicanews.it/lo-sviluppo-di-software-per-veicoli-autonomi/>
- <http://www.archer-soft.com/en/blog/software-development-self-driving-cars>
- <http://www.thedrive.com/sheetmetal/15724/what-are-these-levels-of-autonomy-anyway>
- [https://www.pianetacellulare.it/Guide/Altro/42843\\_Auto-a-Guida-autonoma-cosa-sono-i-livelli-1-2-3-4-e-5.php](https://www.pianetacellulare.it/Guide/Altro/42843_Auto-a-Guida-autonoma-cosa-sono-i-livelli-1-2-3-4-e-5.php)
- <https://www.panorama-auto.it/novita/news/guida-autonoma-sei-livelli>
- <https://www.techrepublic.com/article/autonomous-driving-levels-0-to-5-understanding-the-differences/>
- <https://medium.com/iotforall/the-5-autonomous-driving-levels-explained-b92a5e834928>
- <https://www.caranddriver.com/features/path-to-autonomy-self-driving-car-levels-0-to-5-explained-feature>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X16300018>
- <https://whatis.techtarget.com/definition/vehicle-to-infrastructure-V2I-or-V2X>
- [https://www.panasonic.com/global/business/p-its/pdf/montreal\\_2017/06\\_Vehicle\\_to\\_Pedestrian\\_communication\\_Technology.pdf](https://www.panasonic.com/global/business/p-its/pdf/montreal_2017/06_Vehicle_to_Pedestrian_communication_Technology.pdf)
- <http://mahbulalam.com/what-is-vehicle-to-everything-and-how-will-it-help/>
- [https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/vehicle\\_to\\_home.html](https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/vehicle_to_home.html)
- <http://www.lautomobile.aci.it/articoli/2018/02/09/chi-ha-inventato-lauto-robot.html>
- <https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/>
- <http://www.computerhistory.org/atcm/where-to-a-history-of-autonomous-vehicles/>
- <https://www.thefactsite.com/2017/06/driverless-cars-history.html>
- <https://www.web2carz.com/autos/car-tech/6396/the-vamors-was-the-worlds-first-real-deal-autonomous-car>
- <https://www.wired.com/2012/02/autonomous-vehicle-history/>
- <https://www.thenational.ae/business/an-automated-adventure-at-the-wheel-of-a-driverless-bmw-1.371963>

- <https://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/how-googles-autonomous-car-passed-the-first-us-state-selfdriving-test>
- <http://www.komatsu.com.au/AboutKomatsu/Technology/Pages/AHS.aspx>
- <https://www.inc.com/john-brandon/tested-induct-livia-will-transport-you-without-a-driver.html>
- <https://www.reuters.com/article/uk-usa-nevada-google/google-gets-first-self-driven-car-license-in-nevada-idUSLNE84701320120508>
- <https://www.prnewswire.com/news-releases/induct-launches-navia-the-first-100-percent-electric-self-driving-shuttle-in-the-us-238980311.html>
- <https://www.forbes.com/sites/uciliawang/2014/01/06/hop-on-this-robot-it-will-shuttle-you-around-town/#489d6ca76686>
- <http://www.advancedtransit.org/advanced-transit/applications/rivium/>
- <https://www.army-technology.com/projects/oshkosh-terramax-unmanned-ground-vehicle/>
- <http://www.robaid.com/robotics/shelley-self-driving-robotic-racecar.htm>
- <https://www.reuters.com/article/us-gm-autonomous-exclusive/exclusive-gm-plans-to-build-test-thousands-of-self-driving-bolts-in-2018-sources-idUSKBN15W283>
- <http://www.cadillac.com/sedans/ct6-sedan>
- <https://www.forbes.com/sites/michaeltaylor/2017/09/10/the-level-3-audi-a8-will-almost-be-the-most-important-car-in-the-world/#4f91d1d8fb3d>
- [http://www.insuranceup.it/it/startup/zoox-un-altra-driverless-car-sulle-strade-della-california\\_1288.htm](http://www.insuranceup.it/it/startup/zoox-un-altra-driverless-car-sulle-strade-della-california_1288.htm)
- <https://www.theverge.com/2016/8/25/12637822/self-driving-taxi-first-public-trial-singapore-nutonomy>
- <https://www.sfchronicle.com/news/article/Ridecell-buys-Auro-a-maker-of-self-driving-12259821.php>
- <http://www.trilumina.com/applications/>
- <https://comma.ai/>
- <https://angel.co/pilot-automotive-labs>
- <https://www.ottomotors.com/>
- <http://gpsworld.com/swift-navigation-launches-cloud-based-gnss-service-for-autonomous-vehicles/>
- <https://techcrunch.com/2016/11/15/fully-autonomous-ai-driving-company-aimotive-expands-to-the-u-s/>
- <https://thelastdriverlicenseholder.com/2018/02/01/disengagement-report-2017-the-good-the-bad-the-ugly/>
- <https://medium.com/@drive.ai/our-first-av-disengagement-report-b77c0908bf61>

- [https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/disengagement\\_report\\_2016](https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/disengagement_report_2016)
- <https://www.wired.com/story/self-driving-cars-disengagement-reports/>
- <https://www.autobytel.com/car-ownership/advice/10-benefits-of-self-driving-cars-121032/>
- <http://moralmachine.mit.edu/>
- <https://boingboing.net/2016/08/11/website-asks-you-to-think-like.html>
- <https://www.insella.it/news/auto-guida-autonoma-armi-nelle-mani-dei-terroristi-143910>
- <https://www.makeuseof.com/tag/terrifying-scenarios-self-driving-cars/>
- <https://www.technologyreview.com/s/608618/hackers-are-the-real-obstacle-for-self-driving-vehicles/>
- [http://autonomousvehicelaws.com/w/index.php/Main\\_Page?ckattempt=3](http://autonomousvehicelaws.com/w/index.php/Main_Page?ckattempt=3)
- <https://www.independent.co.uk/news/first-driverless-car-trials-nissan-europe-take-place-london-february-leaf-a7529826.html>
- <http://www.lastampa.it/2018/03/05/motori/tecnologia/guida-autonoma-anche-in-italia-ora-si-possono-testare-le-auto-robot-75zN5JBZxy9EMQmODmvleP/pagina.html>
- <http://www.businessinsider.com/concept-cars-self-driving-tech-2017-9?IR=T#5-if-youre-curious-how-the-car-will-move-without-any-driver-controls-some-companies-already-have-a-few-ideas-in-mind-waymo-a-google-spinoff-patented-a-console-with-giant-go-and-stop-now-buttons-so-a-passenger-can-still-control-the-vehicle-10>
- <http://www.designorate.com/ideo-automobility-creates-the-future/>
- <https://www.toyota.com/concept-i/>
- [https://www.quattroruote.it/news/concept/2017/10/16/toyota\\_concept\\_i\\_al\\_salone\\_di\\_tokyo\\_la\\_nuova\\_famiglia\\_elettrica.html](https://www.quattroruote.it/news/concept/2017/10/16/toyota_concept_i_al_salone_di_tokyo_la_nuova_famiglia_elettrica.html)
- <http://www.carbodydesign.com/2015/01/mercedes-benz-f-015-luxury-in-motion/>
- [https://www.mbusa.com/mercedes/future/model/model-All\\_New\\_F015\\_Luxury#module=future-gallery&submodule=future-gallery-0&gallery=UNIQUE-GALLERY-ID|0|12](https://www.mbusa.com/mercedes/future/model/model-All_New_F015_Luxury#module=future-gallery&submodule=future-gallery-0&gallery=UNIQUE-GALLERY-ID|0|12)
- <https://www.daytonamercedes.com/mercedes-benz-f-015-luxury-in-motion/>
- <http://www.archivioprototipi.it/europa/bmw/vision100.html>
- <http://www.bmwblog.com/2017/03/06/bmw-concept-cars-the-bmw-vision-next-100/>
- <http://www.omniauto.it/magazine/51815/volkswagen-id-crozz-vista-dal-vivo-al-salone-di-ginevra>
- [https://www.quattroruote.it/news/concept/2018/03/05/volkswagen\\_i\\_d\\_vizion\\_foto\\_salone\\_di\\_ginevra.html](https://www.quattroruote.it/news/concept/2018/03/05/volkswagen_i_d_vizion_foto_salone_di_ginevra.html)
- <https://www.caranddriver.com/news/volkswagen-sedric-autonomous-concept-unveiled-news>

- <http://www.lastampa.it/2017/03/08/motori/tecnologia/volkswagen-sedric-concept-il-salotto-mobile-che-ti-viene-a-prendere-quando-lo-chiami-ZbBLCRfnT6EerhvT-VKy8wJ/pagina.html>
- <https://www.dezeen.com/2017/09/15/renaults-architecturally-influenced-symbioz-concept-car-autonomous-electric-home-transport-design/>
- <https://www.renault.it/veicoli/concept-car/symbioz.html>
- <https://academic.oup.com/hmg/article/24/9/2700/2385879>
- <http://money.cnn.com/2018/02/23/technology/waymo-self-driving-car-puke-patent/index.html>
- <https://mashable.com/2017/11/21/uber-car-sickness-patent/#XT4y7Nhy1kqq>
- <https://phys.org/news/2018-01-patented-motion-sickness-self-driving-cars.html>
- <https://www.engadget.com/2018/01/21/anti-motion-sickness-self-driving-car-patent/>
- <https://mashable.com/2016/08/26/autonomous-car-timeline-and-tech/#k3mVrl0VYE-qc>
- <http://www.techeconomy.it/2016/02/26/10-riflessioni-mckinsey-sul-futuro-delle-self-driving-car/>
- <https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/self-driving-car-miniera-d-oro-per-l-europa-settore-da-17-triloni-nel-2050/>
- [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/642813/15780\\_TSC\\_Market\\_Forecast\\_for\\_CAV\\_Report\\_FINAL.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/642813/15780_TSC_Market_Forecast_for_CAV_Report_FINAL.pdf)
- <https://www.driverlessguru.com/driverless-forecasts/>
- <http://www.thedrive.com/sheetmetal/17298/forecast-autonomous-vehicle-sales-to-top-33-million-in-2040>
- <http://www.webnews.it/2017/06/05/passenger-economy-intel/>
- <https://www.investopedia.com/articles/investing/090215/unintended-consequences-selfdriving-cars.asp>
- <https://www.economist.com/blogs/economist-explains/2018/03/economist-explains-1>

### 5.3. ICONOGRAFIA

01: <http://contropiano.org/img/2017/01/jasqyosijhfrshkbz2vl.png>

02: <https://www.blitzquotidiano.it/wp/wp-content/uploads/2016/02/auto-traffico-1024x683.jpg>

03: Realizzato dall'autore

04: <https://pbs.twimg.com/media/BJEXYWICMAEEAsu.jpg:large>



- 05: [https://www.tesla.com/it\\_IT/autopilot](https://www.tesla.com/it_IT/autopilot)
- 06: [https://cio-wiki.org/home/loc/getfile?File=CanamWiki\\_Attachments/ADAS1.png](https://cio-wiki.org/home/loc/getfile?File=CanamWiki_Attachments/ADAS1.png)
- 07: [http://eecatalog.com/automotive/wp-content/blogs.dir/67/files/2016/05/Movimento\\_new.png](http://eecatalog.com/automotive/wp-content/blogs.dir/67/files/2016/05/Movimento_new.png)
- 08: [https://www.hwbox.gr/forum/uploads/monthly\\_2017\\_07/1-1080.1323163551.jpg.d95141be4b3fe719d60575685baf764f.jpg](https://www.hwbox.gr/forum/uploads/monthly_2017_07/1-1080.1323163551.jpg.d95141be4b3fe719d60575685baf764f.jpg)
- 09: [http://www.sulzer-us.com/wp-content/uploads/american\\_wonder-720x720.jpg](http://www.sulzer-us.com/wp-content/uploads/american_wonder-720x720.jpg)
- 10: <http://static3.4x4schweiz.ch/wp-content/uploads/2017/10/Autonomie-Autos-Mercedes-Transporter-Prometheus-Projekt-1986.jpg>
- 11: <https://cdn.businessnews.com.au/articles-2017-12/autonomous%20trucks-rio%20tinto-1440.jpg>
- 12: Realizzato dall'autore
- 13: [https://1.bp.blogspot.com/-fYUKAZg5fhY/WByWgpoe8BI/AAAAAABPbU/rFa-3muf5ngYFaZiWFrk2n6nc\\_1exHJFHgCLcB/s1600/aboutkomatsu\\_AHS\\_diagram.png1](https://1.bp.blogspot.com/-fYUKAZg5fhY/WByWgpoe8BI/AAAAAABPbU/rFa-3muf5ngYFaZiWFrk2n6nc_1exHJFHgCLcB/s1600/aboutkomatsu_AHS_diagram.png1)
- 14: <https://thelastdriverlicenseholder.com/2018/02/01/disengagement-report-2017-the-good-the-bad-the-ugly/>
- 15: <https://c1cleantechnicacom-wpengine.netdna-ssl.com/files/2018/03/moralmachinemit.jpg>
- 16: [https://o.aolcdn.com/images/dims?quality=100&image\\_uri=http%3A%2F%2Fo.aolcdn.com%2Fhss%2Fstorage%2Fmidas%2F8750656672129e1fd502467ac47a201e%2F206048585%2Fu-mich-self-driving-motion-sickness-glasses.jpg&client=cbc-79c14efcebee57402&signature=3f6dd1bfaee44b7bf6e9a31aedc0850760a10ba7](https://o.aolcdn.com/images/dims?quality=100&image_uri=http%3A%2F%2Fo.aolcdn.com%2Fhss%2Fstorage%2Fmidas%2F8750656672129e1fd502467ac47a201e%2F206048585%2Fu-mich-self-driving-motion-sickness-glasses.jpg&client=cbc-79c14efcebee57402&signature=3f6dd1bfaee44b7bf6e9a31aedc0850760a10ba7)
- 17: [https://www.autocar.co.uk/sites/autocar.co.uk/files/styles/gallery\\_slide/public/images/car-reviews/first-drives/legacy/luc\\_4796.jpg?itok=GI9yfe3u](https://www.autocar.co.uk/sites/autocar.co.uk/files/styles/gallery_slide/public/images/car-reviews/first-drives/legacy/luc_4796.jpg?itok=GI9yfe3u)
- 18: <https://arabsauto.com/%D8%B1%D9%8A%D9%86%D9%88-%D8%B3%D9%8A%D9%85%D8%A8%D9%8A%D9%88%D8%B2-2017/>
- 19: <https://s3.paultan.org/image/2017/03/Volkswagen-Sedric-concept-2017-14.jpg>
- 20: <https://cdn1.uvnimg.com/dims4/default/4498a08/2147483647/resize/935x645%3E/quality/75/?url=https%3A%2F%2Fcdn3.uvnimg.com%2Fdb%2F50%2F23042b104f61a201d0d72be24a7b%2Fsedric-07.jpg>
- 21: [https://img.autocosmos.com/contenidos/galerias/1600x1200/GAZ\\_9bc41fb292e-843b9aa28c5d4294e99c6.jpg](https://img.autocosmos.com/contenidos/galerias/1600x1200/GAZ_9bc41fb292e-843b9aa28c5d4294e99c6.jpg)
- 22: <http://vwnewupdates.com/wp-content/uploads/2018/03/2018-Volkswagen-I.D.-Vizion-Interior.jpg>
- 23: <http://www.archivioprototipi.it/europa/bmw/vision1001.jpg>
- 24: <https://www.bmw.fi/content/dam/bmw/common/topics/fascination-bmw/vi->

sion-next-100/current-news/3-news-slide-2-2.st2.jpg/\_jcr\_content/renditions/cq5dam.resized.img.585.low.time1466166683530.jpg

25: <http://assets.mbusa.com/vcm/MB/DigitalAssets/FutureModels/Responsive/F015/Gallery/2016-F015-CLASS-FUTURE-GALLERY-008-WR-D.jpg>

26: <https://2.bp.blogspot.com/-oZhe2Z1QeKQ/V79aTcLcdLI/AAAAAAAAAAGE/2r-b6igj5hHsrwkvkj5i4tjzvRBH8MBCgCEw/s1600/2016-F015-CLASS-FUTURE-GALLERY-013-GOI-TR.jpg>

27: <https://s3.caradvice.com.au/thumb/1920/960/wp-content/uploads/2017/10/toyota-concept-i-hero-1.jpg>

28: <https://giornaledelnuovo.com/wp-content/uploads/2018/03/toyota-concept-i-series.jpg>

29: [https://content.icarcdn.com/editors/2017/10/i-ride\\_010.jpg](https://content.icarcdn.com/editors/2017/10/i-ride_010.jpg)

30: <http://www.designorate.com/wp-content/uploads/2015/07/IDEO-Commuter.jpg?x20015>

31: <http://www.designorate.com/wp-content/uploads/2015/07/IDEO-Cody.jpg?x20015>

32: <http://www.designorate.com/wp-content/uploads/2015/07/IDEO-WOW.jpg?x20015>

33: <http://www.driverlessrace.altervista.org/img/SHARED.png>

34: <http://cardesignresearch.com/userfiles/images/Rinspeed%20xchange%201.jpg>

## 6. RINGRAZIAMENTI

La stesura di questo testo ha consentito di raggiungere un traguardo estremamente importante della mia vita. Tuttavia, ritengo sia doveroso celebrare anche coloro che mi siano stati, in diversi aspetti e forme, di supporto nel lungo percorso accademico infine coronato da questo scritto.

Ringrazio i miei genitori, che con il loro supporto morale ed economico mi hanno permesso di intraprendere questo percorso di studi senza preoccupazioni.

Ringrazio i miei nonni, che mi sono sempre stati accanto e che hanno saputo infondermi valori di coraggio e perseveranza.

Ringrazio la mia relatrice, la professoressa Ferraris, che ha saputo affiancarmi nello sviluppo della tesi con straordinaria disponibilità e cortesia.

Ringrazio mia sorella ed i miei amici, che hanno saputo alleviare i momenti più difficili con la loro compagnia; in particolare Barza, che nei momenti di stallo è sempre stato presente per aiutarmi e darmi consiglio.

A tutti, grazie.