



# D A I S Y

Sarah Joy Giacomelli & Ruggero Guccione



Laurea magistrale in Design Sistemico

Anno Accademico 2021/2022  
Sessione di Laurea Settembre 2022

# D A I S Y

Interfaccia per la fiducia di un'automobile  
a guida autonoma

Relatore:  
Andrea Di Salvo



Candidati:  
Sarah Joy Giacomelli s286988  
Ruggero Guccione s274489



*A mia madre e mio padre*

# INDICE

<b>Abstract</b>		
<b>Obiettivi</b>		
<b>Dalla guida manuale</b>		
<b>01</b>	1.1 Nascita dell'auto senza guidatore 1.2 Fiducia	17 20
<b>Interfaccia: relazione uomo-macchina</b>		
<b>02</b>	2.1 L'interfaccia del passato e AI 2.2 L'importanza dell'interfaccia per la fiducia verso la guida autonoma 2.3 Antropomorfizzazione: fiducia verso la guida autonoma	25 28 32
<b>Alla guida autonoma</b>		
<b>03</b>	3.1 Evoluzione tecnologica e i risultati 3.2 Livelli della guida autonoma 3.3 Fiducia verso la guida autonoma e come misurarla	37 40 42
<b>Ora</b>		
<b>04</b>	4.1 Le aziende principali 4.2 Interfaccia per la fiducia	47 50
<b>Analisi dell'esperienza</b>		
<b>05</b>	5.1 Personas: Emily, Giordano, Nicola 5.2 Journey map 5.3 Progetto di simulazione	55 62 64
<b>Casi studio</b>		
<b>06</b>	6. Casi studio 6.2 Architettura dell'interfaccia	71 102
<b>DAISY</b>		
<b>07</b>	7.1 Mi presento 7.4 Schema comportamento 7.5 Moodboard 7.6 Icona 7.7 Guida autonoma inserita 7.8 Colors	108 110 112 114 116 118
<b>Interfaccia</b>		
<b>08</b>	8.1 Componenti UX 8.2 Following Head Up Display 8.3 Static Head Up Display 8.4 Long Dashboard 8.5 Dimensioni 8.6 Comportamento situazionale 8.7 Moodboard 8.8 Scelte stilistiche 8.9 User Interface	121 122 123 124 125 126 128 130 132
<b>09</b>	9.1 Monitoraggio 9.2 Feedback 9.3 Interazione	153 154 158
<b>10</b>	Prototipi	160
<b>Conclusioni</b>		
<b>Bibliografia e sitografia</b>		

## **Abstract Objectives**

### **From manual driving**

## **01**

1.1 Origin of the car without a driver	17
1.2 Trust	20

### **Interface: Human-machine relationship**

## **02**

2.1 The interface of the past and AI	25
2.2 The importance of the interface for trusting autonomous driving	28
2.3 Anthropomorphization: trust in autonomous driving	32

### **Towards autonomous driving**

## **03**

3.1 Technological evolution and results	37
3.2 Levels of autonomous driving	40
3.3 Trust in autonomous driving and how to measure it	42

### **Now**

## **04**

4.1 The main companies	47
4.2 Interface for trust	50

### **Experience analysis**

## **05**

5.1 Personas: Emily, Giordano, Nicola	55
5.2 Journey map	62
5.3 Simulation project	64

### **Case study**

## **06**

6. Case study	71
6.2 Interaction architecture	102

## **DAISY**

## **07**

7.1 I introduce myself	108
7.4 Features	110
7.5 Moodboard	112
7.6 Icon	114
7.7 Autonomous driving activated	116
7.8 Colori	118

## **Interface**

## **08**

8.1 Componenti UX	121
8.2 Following Head Up Display	122
8.3 Static Head Up Display	123
8.4 Long Dashboard	124
8.5 Dimensions	125
8.6 Situational behavior	126
8.7 Moodboard	128
8.8 Chosen style	130
8.9 User Interface	132

## **09**

9.1 Monitoring	153
9.2 Feedback	154
9.3 Interaction	158

## **10**

Prototype	160
-----------	-----

## **Conclusion**

## **Bibliography and sitography**



# Abstract

La tesi intende studiare e progettare un sistema di interfacce che supporti la fiducia dell'utente nell'esperienza di guida di un'automobile al livello 3 di automazione.

È stata analizzata la guida autonoma nelle sue componenti storico-evolutive e tecnologiche; il processo di ricerca si è svolto partendo da un'analisi sia in ambito letterario fantascientifico, sia con esempi concreti che si possono trovare ai giorni nostri. A seguire è stata studiata la fiducia come costrutto in sé, la sua importanza nel rapporto uomo-macchina e di come essa sia influenzata dall'interfaccia.

Attraverso l'utilizzo dei personas è stato immaginato il rapporto tra il conducente e un'auto a guida autonoma dalla scoperta del veicolo all'uso diretto in un circuito, quest'ultimo creato per testare la fiducia del guidatore

*The thesis aims to study and design an interface system that supports user confidence in the driving experience of a car at level 3 of automation.*

*Autonomous driving was analyzed in its historical-evolutionary and technological components; the research process was carried out starting from an analysis both in the science fiction literary field, and with concrete examples that can be found today. Trust was then studied as a construct in itself, its importance in the man-machine relationship and how it is influenced by the interface.*

*Through the use of personas, the relationship between the driver and a self-driving car was imagined from the discovery of the vehicle to direct use in a circuit, the latter created to test the driver's confidence in autonomous driving*

nella guida autonoma all'interno di una simulazione con visore VR.

È stata fatta un'analisi delle automobili, concept e sul mercato, con un livello di automazione da 2 a 5, per poi arrivare ad una sintesi per la fase progettuale.

Sono state quindi proposte delle interfacce progettate seguendo i criteri presentati e studiati nella prima e nella seconda sezione di ricerca. Il tutto è stato rafforzato con la progettazione di un'intelligenza artificiale di nome Daisy, che ha lo scopo di assistere l'autista durante tutte le fasi di guida, partendo da quella manuale fino a quella autonoma.

*within a simulation with a VR viewer.*

*An analysis of the cars, concepts and on the market was carried out, with an automation level from 2 to 5, and then a synthesis for the design phase was reached.*

*Interfaces were therefore proposed, designed following the criteria presented and studied in the first and second research sections. Everything has been strengthened with the design of an artificial intelligence named Daisy, which aims to assist the driver during all phases of driving, starting from the manual one up to the autonomous one.*

**1**

Man-Interface relationship

**2**

Trust in autonomous driving

**3**

Development of the interface

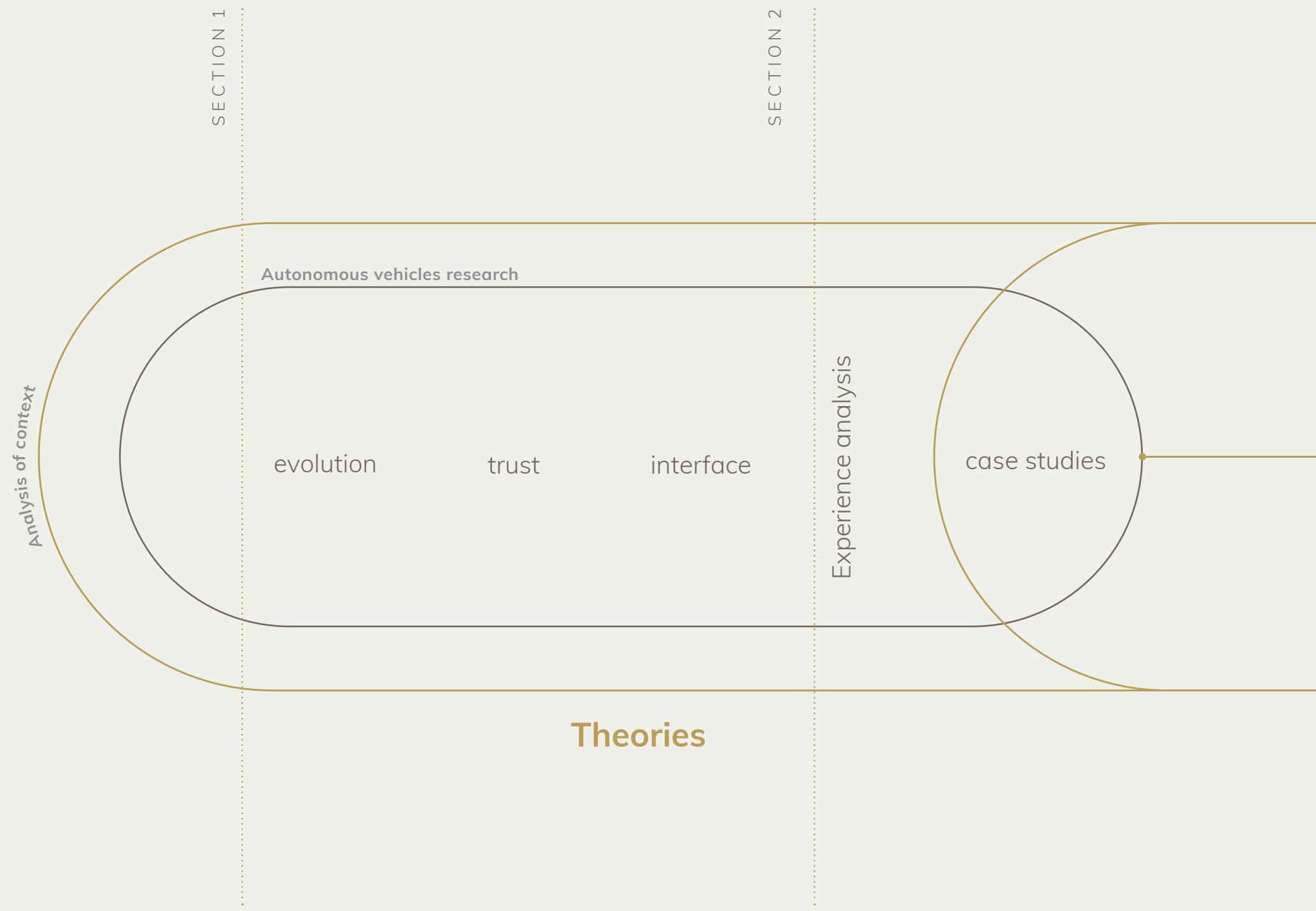
**4**

Creation of an artificial Intelligence

# Obiettivi

All'interno di questa tesi sono state affrontate diverse tematiche che descrivono il rapporto tra uomo e interfaccia durante la guida autonoma di un veicolo. Tra i principali obiettivi che ci siamo proposti di perseguire, vi è quello di valutare l'impatto che i sistemi interattivi possono produrre sul costrutto della fiducia, per poi riuscire a produrre una soluzione che riesca a mostrare l'efficacia di una buona user interface per la trust. Infine il progetto ha lo scopo di essere testato e valutato attraverso una simulazione da far sperimentare a dei volontari, la quale comprende anche una sezione di questionari sull'esperienza virtuale.

*Within this thesis, various issues have been addressed that describe the relationship between man and interface during autonomous driving of a vehicle. Among the main objectives that we have set out to pursue, there is that of evaluating the impact that interactive systems can produce on the construct of trust, in order to then be able to produce a solution that is able to show the effectiveness of a good user interface for the trust. Finally, the project aims to be tested and evaluated through a simulation to be tested by volunteers, which also includes a section of questionnaires on the virtual experience.*



# Visual abstract

SECTION 3

**DAISY**

Artificial intelligence

Features

Interface

Human-machine  
interaction

Design

Final considerations



## SECTION 1

---

In questa sezione racconteremo di come negli anni 20 del '900 sia nata l'idea di guida autonoma e di come sia evoluta nel tempo anche dal punto di vista scientifico, passando dal grande *sprint* dato dalle *Grand Challenges*, fino ad arrivare ai giorni nostri. Spiegheremo cosa sia la fiducia e come, secondo alcuni testi scientifici, funzioni. Inoltre, parleremo del rapporto tra fiducia e guida autonoma e di come si possa misurare.

Infine descriveremo l'importanza delle interfacce e come l'antropomorfizzazione dell'auto possa stimolare la fiducia dell'utente.

*In this section we will talk about how the idea of autonomous driving was born in the 1920s and how it has evolved over time also from a scientific point of view, passing from the great sprint given by the Grand Challenges, up to the present day. We will explain what trust is and how, according to some scientific texts, it works. In addition, we will talk about the relationship between trust and autonomous driving and how it can be measured.*

*Finally, we will describe the importance of interfaces and how the anthropomorphization of the car can stimulate user trust.*

01

## **Evoluzione**

// evolution

02

## **Fiducia**

// trust

03

## **Interfaccia**

// interface



# 01

## > Dalla guida manuale

From manual driving

# 1.1 Nascita dell'auto senza guidatore

Origin of the car without a driver

Gli anni 20' del XX secolo furono per gli Stati Uniti i cosiddetti anni ruggenti, caratterizzati principalmente dalla motorizzazione di massa, fondata sulla ristrutturazione della lavorazione nelle fabbriche in catene di montaggio, e dalla crescita economica diffusa in tutto il paese (Kröger, 2015).

Con l'aumento delle automobili in circolazione, cominciarono a crescere anche gli incidenti fatali, che divennero un vero e proprio problema sociale negli Stati Uniti. Infatti, nei primi quattro anni dopo la Prima Guerra Mondiale, sono morte, a causa di un incidente stradale, molte più persone americane negli Stati Uniti che durante la guerra in Francia.

Considerando soltanto gli anni 20', negli Stati Uniti sono decedute circa 200.000 persone in incidenti stradali, la maggior parte dei quali erano pedoni (Norton, 2008). Basti pensare che nel classico *Il grande Gatsby* di F. S. Fitzgerald, per quanto narri di uno stile di vita sregolato, vengono proprio raccontate guide folli e incidenti stradali, dai quali, in un contesto in cui la diffusione di questi mezzi non era come quella attuale, si evince l'idea di come veniva considerata l'automobile.

La principale causa di incidenti stradali viene quindi attribuita ai conducenti, diffondendo l'idea che un'auto priva di pilota e comandata da agenti non umani possa essere più sicura (Kröger, 2015).

La prima automobile senza guidatore venne mostrata al pubblico il 5 Agosto del 1921 a Dayton, Ohio, costruita sulle basi tecnologie dell'aviazione e dell'in-

*The 20s of the twentieth century were the so-called roaring years for the United States, characterized mainly by mass motorization, based on the restructuring of manufacturing in assembly lines, and by economic growth spread throughout the country (Kröger, 2015).*

*With the increase in cars on the road, fatal accidents also began to rise and became a real social problem in the United States. In fact, in the first four years after the First World War, many more American people died in a car accident in the United States than during the war in France. Looking at the 1920s alone, about 200,000 people died in road accidents in the United States, most of whom were pedestrians (Norton, 2008). Just think that in the classic *The Great Gatsby* by F. S. Fitzgerald, although it tells of an unregulated lifestyle, crazy guides and road accidents are told, from which, in a context where the diffusion of these means was not like the current one, we get the idea of how the car was considered.*

*The main cause of road accidents is therefore attributed to drivers, spreading the idea that a car without a driver and commanded by non-human agents can be safer (Kröger, 2015).*

*The first driverless car was shown to the public on August 5, 1921 in Dayton, Ohio, built on the foundations of aviation technology and radio engineering. The technology was first presented in 1914 in France; Lawren-*

gegneria radiofonica. La tecnologia venne presentata per la prima volta nel 1914 in Francia; Lawrence B. Sperry mostrò al mondo quello che viene ormai definito il primo autopilota per aerei, basato sullo stabilizzatore giroscopico per aeroplani. “Davanti agli occhi degli spettatori stupefatti, il suo meccanico salì sull’ala destra durante il volo, mentre nella cabina di pilotaggio Sperry si alzò in piedi e sollevò le mani sopra la testa”. La seconda tecnologia è il risultato della ricerca militare statunitense nel controllo remoto di siluri, navi e aeroplani via radio. Il frutto di queste due tecnologie combinate fu una macchina di 2 metri e mezzo controllata via radio da un’auto che la seguiva, distante 30 metri. Non fu propriamente un veicolo a guida autonoma, ma negli anni seguenti veicoli simili vennero utilizzati come veicolo pubblicitario per la campagna sulla sicurezza stradale (*Ibidem*).

Nel 1939 a New York durante la Fiera Mondiale, la General Motors diede visibilità all’idea dell’auto autonoma. Fu mostrata nel padiglione *Horizons*, dove veniva presentato come sarebbe stato il futuro nei 20 anni successivi. Venivano raccontate le strade intelligenti, che tramite l’utilizzo di elementi elettronici, permettevano alle auto di mantenere la corretta traiettoria e la distanza tra i veicoli (Oliveira et al., 2019).

Solo in seguito alla Seconda Guerra Mondiale e alla Guerra di Corea (1950-1953), negli Stati Uniti si ebbe una nuova esplosione nei consumi di massa; aumentò la vendita di automobili e lo stile di vita Americano cambiò drasticamente, trasformando anche il paesaggio. In questo contesto uscì *Magic Highway U.S.A.* (1958) di Ward Kimball, un film della Walt Disney che racconta la storia delle strade Americane. Una parte del film narra la vita domestica di una famiglia che utilizza un’auto futuristica, pre-

ce B. Sperry showed the world what is now called the first aircraft autopilot, based on the gyro stabilizer for airplanes. “Before the eyes of the astonished spectators, his mechanic climbed on the right wing during the flight, while in the cockpit Sperry stood up and raised his hands above his head.” The second technology is the result of US military research into the remote control of torpedoes, ships and airplanes via radio. The result of these two combined technologies was a 2.5 meter car controlled by radio from a car following it, 30 meters away. It was not really an autonomous vehicle, but in the following years similar vehicles were used as an advertising vehicle for the road safety campaign (*Ibidem*).

In 1939 in New York during the World's Fair, General Motors gave visibility to the idea of the autonomous car. It was shown in the Horizons pavilion, where it was presented what the future would be like over the next 20 years. Smart roads were told, which through the use of electronic elements, allowed cars to maintain the correct trajectory and distance between vehicles. (Oliveira et al., 2019).

Only after the Second World War and the Korean War (1950-53), in the United States there was a new explosion in mass consumption; the sale of automobiles increased and the American way of life changed dramatically, also transforming the landscape. In this context, *Magic Highway U.S.A.* was released. (1958) by Ward Kimball, a Walt Disney film that tells the story of the American streets. Part of the film tells the domestic life of a family using a futuristic car, namely a guide-wire car. The father gets into the car and using a dashboard sets the destination, then makes a work

cisamente una *guide-wire car*. Il padre entra nell'auto e usando una plancia inserisce la destinazione, poi fa una videochiamata di lavoro e infine l'auto si divide, lui viene lasciato in ufficio e la moglie con il figlio vanno a fare shopping (Kröger 2015).

Nel 1958, questa fantasia divenne quasi realtà; venne completato il test della prima macchina a guida autonoma, una Chevrolet che adattava la traiettoria in base a dei sensori che seguivano un filo sulla strada, ma fu un ultimo sprazzo di innovazione. Si può dire che da quel momento l'idea di un'auto che si guida da sola andò affievolendosi, diventando solo un'idea irrealizzabile e fantascientifica. Infatti, sempre nel 1958, un articolo di *Popular Science* racconta di come la Chrysler vendesse ad 86 dollari un nuovo super gadget appena sviluppato, l'autopilota (Ibidem).

Solamente dagli anni '80 lo sviluppo informatico e tecnologico portarono ad un ulteriore sviluppo (Anderson et al. 2014).

*video call and after the car splits up, he is left in the office and his wife and son went to do shopping (Kröger, 2015).*

*In 1958, this fantasy almost became a reality; the test of the first self-driving car was completed, a Chevrolet that adapted its trajectory based on sensors following a thread on the road, but it was a last flash of innovation. It can be said that from that moment the idea of a car that drives itself faded away, becoming just an unattainable and science-fiction idea. In fact, also in 1958, an article in Popular Science tells of how Chrysler sold a newly developed super gadget, the autopilot (Ibidem), for 86 dollars.*

*Only from the 1980s, IT and technological development lead to further discoveries (Anderson et al. 2014).*



Fig. 1, Frame by *Magic Highway U.S.A.* (1958). Disney Company

## 1.2 Fiducia

### Trust

L'idea di automazione della guida nasce, quindi, dalla percezione che le auto a guida "manuale" siano meno sicure a causa della moltitudine di incidenti causati dai conducenti e che il problema sia soprattutto il guidatore umano; "I sistemi autonomi non si ubriacano. Né si stanchano o soffrono durante la guida di distrazioni come l'invio di SMS" (Lutin et al., 2013). Togliendo quindi l'errore dell'uomo, si potrebbe risolvere il problema sulla sicurezza? Non proprio, una volta tolto il guidatore ci sarà comunque bisogno di fiducia verso l'auto a guida autonoma.

Ci sono svariate definizioni di cosa sia la fiducia, ne riportiamo alcune di quelle citate da Lee e See (2004):

- > "Expectation related to subjective probability an individual assigns to the occurrence of some set of future events" (Rempel et al., 1985);
- > "Expectations of fiduciary obligation and responsibility, that is, the expectation that some others in our social relationships have moral obligations and responsibility to demonstrate a special concern for others' interests above their own" (Barber, 1983);
- > "Willingness of a party to be vulnerable to the actions of another party based on the expectation that the other will perform a particular action important to the trustor, irrespective of the ability to monitor or control that party" (Mayer, et al., 1995).
- > "Willingness to rely on an exchange partner in whom one has confidence" (Moorman et al., 1993);

The idea of driving automation arises, therefore, from the perception that "manual" driving cars are less safe due to the multitude of accidents caused by drivers and that the problem is above all the human driver: "Autonomous systems don't get drunk. Nor do they tire or suffer from distractions such as texting while driving" (Lutin et al., 2013). So by removing the human error, could the security problem be solved? Not really, once the driver has been removed, there will still be a need for confidence in the self-driving car.

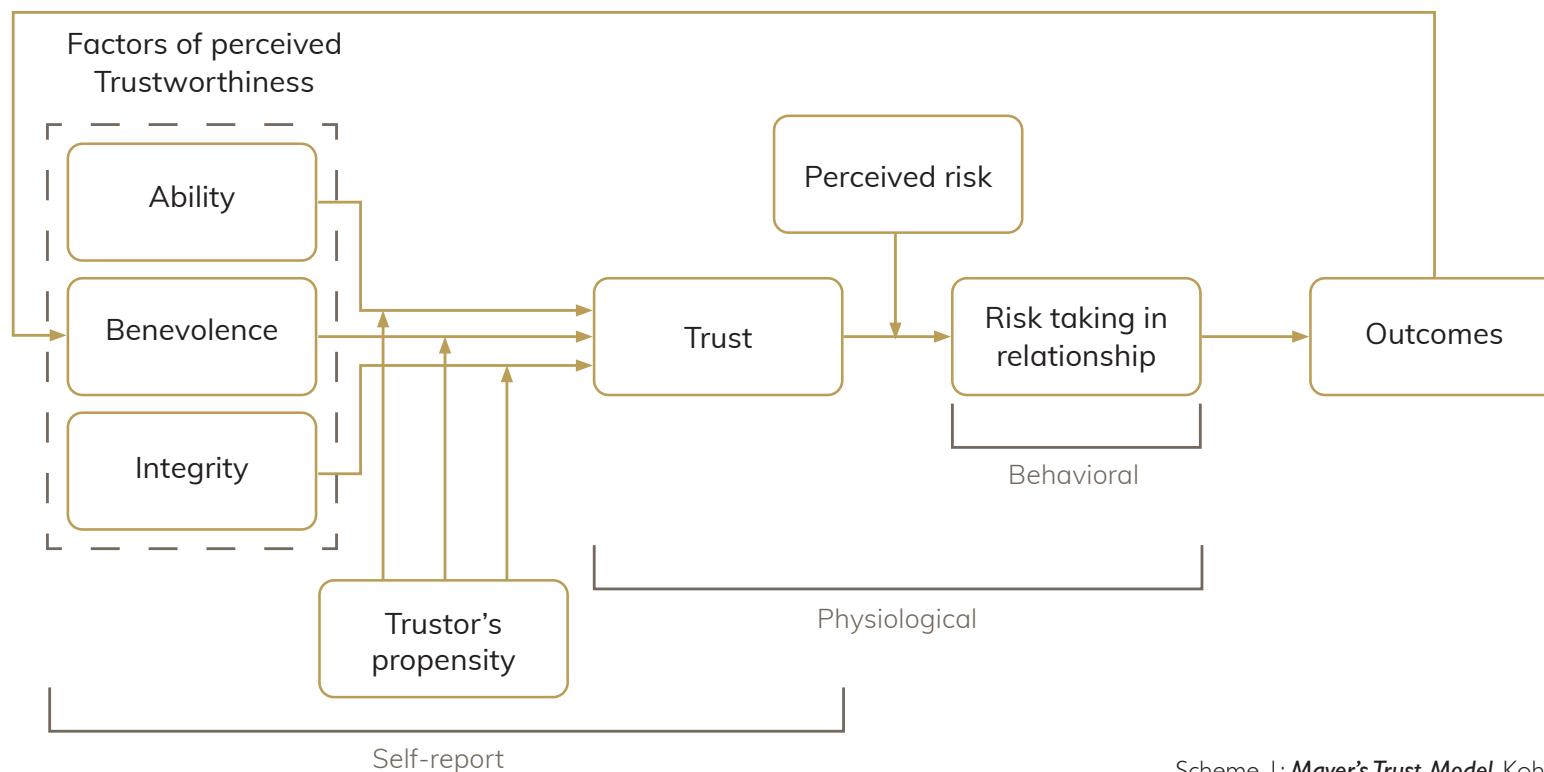
There are several definitions of what trust is, here are some of those cited by Lee and See (2004):

Lee e See (2004) cercano di creare una sintesi delle precedenti dichiarando che “la fiducia consiste nell’atteggiamento che un agente aiuterà a raggiungere gli obiettivi di un individuo in una situazione caratterizzata da incertezza e vulnerabilità”.

Per capire come funziona e da dove origina la fiducia abbiamo usato il modello di Mayer et al. (1995).

Lee and See (2004) try to create a synthesis of the previous ones by declaring that “trust consists in the attitude that an agent will help to achieve the objectives of an individual in a situation characterized by uncertainty and vulnerability”.

To understand how trust works and where it comes from, we used the model of Mayer et al. (1995).



Scheme 1: **Mayer's Trust Model**, Kohn et al. (2021)

Lo schema parte dall'affidabilità, divisa in 3 parti: *ability*, *integrity* e *benevolence*. Sono le qualità che definiscono l'oggetto della fiducia. “Ability è il gruppo di talenti, competenze e caratteristiche che consentono al trustee di influenzare il dominio. Integrity è il grado in cui il trustee aderisce a una serie di principi che il trustor ritiene accettabili. Benevolence è la misura in cui gli intenti e le motivazioni del trustee sono allineate con quelli del trustor” (Lee & See, 2004).

Nel flusso dello schema, a questo punto, si innesta la *Trustor's propensity* dei fattori spiegati prima, che è una caratteristica personale e variabile fra i soggetti (Kohn et al., 2021).

Solo a questo punto arriva la trust, descritta come “una posizione o un atteggiamento cognitivo che esiste durante le interazioni: la volontà teorica di impegnarsi in azioni di fiducia” (Ibidem).

Nel modello si inserisce il *perceived risk*; come viene detto anche nella definizione di Lee e See (2004) per la fiducia è quindi necessario che ci sia un rischio, se non ci fosse nessun rischio non ci sarebbe bisogno di fiducia (Kohn et al., 2021).

In seguito c'è *Risk-Taking in Relationship*; assumersi un rischio non è sufficiente, perché anche in una scommessa c'è un'assunzione di rischio. Nella fiducia ci deve essere una relazione. La relazione che si intende è quella fra trustor e trustee, colui che si fida e colui in cui questa fiducia è riposta. Una volta che la volontà di fiducia del trustor è minore del rischio percepito, la volontà di fiducia diventa un comportamento di fiducia (Ibidem).

Infine c'è l'outcome che influenzera in maniera po-

The scheme starts from reliability, divided into 3 parts: ability, integrity and benevolence. These are the qualities that define the object of trust. “Ability is the group of talents, skills and characteristics that allow the trustee to influence the domain. Integrity is the degree to which the trustee adheres to a set of principles that the trustor deems acceptable. Benevolence is the extent to which the intentions and motives of the trustee are aligned with those of the trustor”(Lee & See, 2004).

At this point, the Trustor's propensity of the factors explained above is inserted into the flow of the scheme, which is a personal and variable characteristic among the subjects (Kohn et al., 2021).

Only at this point does trust arrive, described as “a cognitive position or attitude that exists during interactions: the theoretical will to engage in trust actions” (Ibidem).

The perceived risk is included in the model; as also stated in the definition of Lee and See (2004) for trust it is therefore necessary that there is a risk, if there was no risk there would be no need for trust (Kohn et al., 2021).

Then there is Risk-Taking in Relationship; taking a risk is not enough, because even in a bet there is an assumption of risk. In trust there must be a relationship. The relationship that is meant is that between trustor and trustee, the one who trusts and the one in whom this trust is placed. Once the trustor's will to trust is less than the perceived risk, the will to trust becomes

sitiva o negativa in base al risultato ottenuto dall'assunzione di rischio del trustor e come un feedback modificherà la percezione di valori del primo punto (*Ibidem*).

Quello che abbiamo appena descritto è un modello di *trust* incentrato sul rapporto tra persone, ma secondo diversi studi possiamo traslare questi concetti anche al rapporto uomo-automazione in quanto il rapporto di fiducia tra le persone è simile (Lee & See, 2004).

*a trusting behavior (Khon et al., 2021).*

*Finally, there is the outcome that will affect in a positive or negative way based on the result obtained from the trustor's risk assumption and how a feedback will change the perception of the values of the first point (Khon et al., 2021).*

*What we have just described is a trust model centered on the relationship between people, but according to various studies we can also translate these concepts to the human-automation relationship as the relationship of trust between people is similar (Lee & See, 2004).*

# 02

## > **Interfaccia: relazione uomo-macchina**

Interface: Human-machine relationship

## 2.1 L'interfaccia del passato e IA

The interface of the past and AI

Siamo verso la fine della seconda rivoluzione industriale, periodo di scoperte scientifiche e tecnologiche come, ad esempio, il motore a benzina nel 1883 e la prima vettura a combustione interna. In questo periodo (1850-1914), si vedono le prime autovetture che cambiarono gli stili di vita delle persone, entrando in uno nuovo paradigma per i paesi industrializzati (Detti & Gozzini, 2009).

La diffusione di massa dell'automobile influenzò anche gli scrittori di quei tempi, che cominciarono a descrivere in racconti letterari fantascientifici i primi concetti di interfaccia e di guida autonoma. Uno dei precursori fu Werner Illing, uno scrittore tedesco, che nella sua opera *Utopolis* pubblicata nel 1930 illustra le meravigliose self-steering autos (Kröger, 2015). In particolare, si accorse che la società stava andando nella direzione in cui l'automazione diventava sempre più presente, e questo fenomeno era solo all'inizio. Illing critica l'eccessiva meccanizzazione dei processi produttivi industriali, che rimpiazzano il lavoro fatto a mano da parte degli operai (*Ibidem*). Nonostante ciò, trovava affascinante il concetto di macchina autonoma descrivendola perfino come un oggetto quasi vivente "La cosa meravigliosa era che l'auto [...], si comportava come se avesse imparato a memoria tutte le regole del traffico possibili" (*Ibidem*). Il fatto che vedesse l'automobile con un cuore, si collega al concetto di intelligenza artificiale interpretata nei giorni nostri, cioè con la volontà di renderla sempre più umana e meno simile ad una

*We are towards the end of the second industrial revolution, a period of scientific and technological discoveries such as, for example, the petrol engine in 1883 and the first internal combustion car. In this period (1850-1914), we see the first cars that changed people's lifestyles, entering a new paradigm for industrialized countries (Detti & Gozzini, 2009).*

*The mass diffusion of the automobile also influenced the writers of those times, who began to describe the first concepts of interface and autonomous driving in literary science fiction stories. One of the forerunners was Werner Illing, a German writer, who in his work *Utopolis* published in 1930 illustrates the wonderful self-steering autos (Fabian Kröger, 2015). In particular, he realized that the company was going in the direction in which automation was becoming more and more present, and this phenomenon was only at the beginning. Illing criticizes the excessive mechanization of industrial production processes, which replace the work done by hand by workers (Fabian Kröger, 2015). Despite this, he found the concept of an autonomous car fascinating, even describing it as an almost living object "The wonderful thing was that the car [...] behaved as if it had memorized all possible traffic rules" (Fabian Kröger, 2015). The fact that he saw the car with a heart is connected to the concept of artificial intelligence interpreted in our days, that is, with the desire to make it more and more human and less*

macchina. Illing ipotizzò, inoltre, anche l'uso di un'interfaccia digitale, al posto del volante, che mostrava la mappa della città.

Difatti, oltre alla guida autonoma, nel suo scritto anticipò altre scoperte tra cui gli ologrammi in tre dimensioni, il treno a levitazione magnetica, la televisione, i droni con velivoli senza pilota (Rottensteiner, 2005).

Viene anche spiegato il lato tecnico di questa utopia letteraria. Ogni auto ha un piccolo prisma nella parte anteriore, che comunica con i semafori che sono "incastonati in modo poco appariscente nei muri delle case [...]. Questi occhi meccanici regolano la velocità e lo sterzo tramite immagini riflesse alternate" (Kröger, 2015). C'è anche un sistema di navigazione che ricorda i dispositivi GPS di oggi.

Si possono trovare altri esempi di scrittori internazionali che iniziarono a descrivere la guida autonoma nei loro romanzi. In America, lo scrittore fantascientifico David H. Keller (1880-1966), nella sua opera *The Living Machine* (1935), analizza il comportamento di una società moderna che utilizza automobili che guidano da sole. Fa esempi di persone di ogni età con stili di vita differenti. Parla di persone con disabilità o anziani che hanno difficoltà di guidare, che possono essere liberi di muoversi dove vogliono facendo anche viaggi a lunga distanza. Oppure di una utenza più giovanile che può approfittare della guida autonoma per amoreggiare. I genitori hanno scoperto che potevano mandare i figli a scuola in modo più sicuro con la nuova macchina rispetto alle vecchie auto con autista (*Ibidem*). Si accorse come molti incidenti fossero causati da errori umani alla guida, e come l'automazione di quest'ultima potesse diminuire tale problema. Inoltre, anche Keller, come anche lo scrittore tedesco Illing, descrive nel suo rac-

*like a car. Illing also hypothesized the use of a digital interface, instead of the steering wheel, which showed the map of the city. In fact, in addition to autonomous driving, in his writing he anticipated other discoveries including holograms in three dimensions, the magnetic levitation train, television, drones with unmanned aircraft (Rottensteiner, 2005).*

*The technical side of this literary utopia is also explained. Each car has a small prism in the front, which communicates with the traffic lights which are "inconspicuously embedded in the walls of the houses [...]. These mechanical eyes regulate speed and steering via alternating reflected images" (Fabian Kröger , 2015). There is also a navigation system that is reminiscent of today's GPS devices. More examples can be found of international writers who began describing self-driving in their novels. In America, the science fiction writer David H. Keller (1880-1966), in his work *The Living Machine* (1935), analyzes the behavior of a modern society that uses cars that drive themselves. He gives examples of people of all ages with different lifestyles. He talks about people with disabilities or the elderly who have difficulty driving, who can be free to move where they want, even making long-distance trips. Or a more youthful user who can take advantage of autonomous driving to flirt. Parents found that they could send their children to school more safely with the new car than with the old chauffeured cars (Fabian Kröger, 2015). He realized how many accidents were caused by human driving errors, and how the automation of the latter could reduce this problem. In addition, Keller, as well as the German writer Illing, describes in his story an intelligence that commands the driving of the*

conto un'intelligenza che comanda la guida dell'auto tramite delle istruzioni vocali date dal guidatore.

I racconti di fantascienza sono solo alcuni degli esempi della direzione che la società stava prendendo. Anche la stampa, sempre verso la seconda metà del '900, ha annunciato l'automobile telecomandata come l'auto fantasma, l'auto robotica o l'auto magica. Queste metafore mostrano che l'auto senza conducente è stata percepita come un oggetto fantastico fin dall'inizio. Ancora oggi occupa quel posto tra lo strano e il meraviglioso che Tzvetan Todorov attribuisce nella letteratura fantasy (*Ibidem*).

*car through voice instructions given by the driver.*

*Science fiction stories are just a few examples of the direction society was taking. Even the press, again towards the second half of the 1900s, announced the remote controlled car such as the ghost car, the robotic car or the magic car. These metaphors show that the driverless car was perceived as a fantastic object from the very beginning. Even today it occupies precisely that place between the strange and the wonderful that Tzvetan Todorov attributes to fantasy literature (Fabian Kröger, 2015).*

## 2.2 L'importanza dell'interfaccia per la fiducia verso la guida autonoma

*The importance of the interface for trusting autonomous driving*

Una persona si relazione con la macchina attraverso l'uso di un'interfaccia. Il termine interfaccia è comunemente definito come segue.

*A person relates to the machine through the use of an interface. The term interface is commonly defined as follows.*

“**interfaccia s. f. [dall’ingl. interface, comp. di inter- e face «faccia»] (pl. -ce).**” (Treccani, 2021).

*“Human-machine interface, [...], means by which humans and computers communicate with each other. The human-machine interface includes the hardware and software that is used to translate user (i.e., human) input into commands and to present results to the user.”* (Britannica, 2022).

Tra gli ostacoli più grandi che scoraggiano una persona nel provare un'auto a guida autonoma troviamo la fiducia. Essa può cambiare, migliorare o peggiorare, a seconda delle situazioni in cui ci si trova durante il percorso e le capacità dell'automazione di gestire

*Confidence is one of the biggest obstacles that discourage a person from trying a self-driving car. It can change, improve or worsen, depending on the situations in which you find yourself along the way and the ability of automation to manage moments of danger*

momenti di pericolo o intrattenimento. L'interfaccia, in queste circostanze, gioca un ruolo molto importante. Questo perché, attraverso essa, il conducente riesce a ricevere informazioni riguardo all'autovettura ed alle sue prestazioni, al suo stato di guida, se è attiva la modalità automatica o se deve riprendere il controllo della guida. Lee e See (2004) affermano che in un display è importante l'organizzazione di queste informazioni per "guidare le aspettative appropriate riguardo all'automazione. Se le informazioni non sono disponibili sul display o se fossero formattate in modo improprio, la fiducia potrebbe non svilupparsi in modo adeguato". Ogni componente dell'interfaccia, ossia le icone, i colori, le immagini e i dati, hanno un effetto sulla fiducia. Pertanto, quando si progetta il layout del display, bisogna saper scegliere in modo appropriato, come affermano Kim e Moon (1998) "anche i fattori di progettazione visiva dell'interfaccia, come colori freddi e un layout equilibrato, possono indurre fiducia".

Sebbene l'affidabilità e la fiducia dipendono dalle informazioni di supporto fornite dal sistema, la quantità di informazioni deve essere adattata al tempo decisionale disponibile (Entin & Serfaty, 1996). Questi risultati suggeriscono che la particolare forma dell'interfaccia, in particolare l'enfasi sulle rappresentazioni concrete e realistiche, può aumentare il livello di fiducia.

I colori giocano una funzione non solo estetica, ma funzionale, perché in momenti di pericolo possono portare l'attenzione del guidatore da sorgenti meno rilevanti a quelle importanti (Montgomery & Sorkin, 1996). Se il segnale ha un grado d'urgenza maggiore, in aggiunta alla comunicazione visiva, anche avvisi acustici possono fare da supporto.

or entertainment. The interface, in these circumstances, plays a very important role. This is because through it the driver is able to receive information about the car and its performance, its driving status, if the automatic mode is active or if he has to regain control of driving. Lee and See (2004) state that in a display it is important to organize this information to "guide the appropriate expectations regarding automation. If the information is not available on the display or if it is improperly formatted, trust may not develop adequately". Each component of the interface, namely icons, colors, images and data, have an effect on trust. Therefore, when designing the display layout, one must know how to choose appropriately, as Kim and Moon (1998) affirm "even the visual design factors of the interface, such as cool colors and a balanced layout, can induce confidence".

Although reliability and trust depend on the support information provided by the system, the amount of information must be adapted to the decision-making time available (Entin & Serfaty, 1996). These results suggest that the particular shape of the interface, in particular the emphasis on concrete and realistic representations, can increase the level of trust.

Colors play not only an aesthetic but functional function, because in moments of danger they can bring the driver's attention from less relevant sources to important ones (Montgomery & Sorkin, 1996). If the notice has a greater degree of urgency, in addition to visual communication, audible alerts can also assist. If you analyze the interfaces of websites or applications, therefore not necessarily related to autonomous

Se si analizzano le interfacce dei siti web o applicazioni, quindi non necessariamente legate alla guida autonoma, si può notare come solitamente vengono scelte fotografie reali, frasi chiare e d'impatto (Karvonen & Parkkinen, 2001). Una ricerca fatta su oltre 1400 persone, condotta da Fogg, Marshall, Laraki et al., (2001), dimostra che per i siti web la credibilità dipende fortemente dalla sensazione del mondo reale; infatti, “una fotografia formale dell'autore ha accresciuto l'affidabilità di un articolo di ricerca, mentre una fotografia informale ha diminuito la fiducia”.

Questi risultati mostrano che la fiducia tende ad aumentare quando le informazioni vengono visualizzate in modo da fornire dettagli concreti, coerenti e chiaramente organizzati.

Tuttavia, è necessaria cautela quando si aggiungono fotografie e altre funzionalità per aumentare la fiducia. L'utilizzo di immagini di alta qualità rispetto a bassa definizione aumenta la fiducia dell'utente, come afferma anche Yeh e Wickens (2001) “il crescente realismo dell'immagine ha aumentato la fiducia e ha portato a una maggiore dipendenza dalle informazioni”. Ciò è dimostrato anche da una ricerca condotta su piloti che, durante una simulazione di guida aerea, seguivano maggiormente i consigli del sistema quando l'aiuto includeva immagini dettagliate come guida (Ockerman, 1999). Proprio come le immagini altamente realistiche possono aumentare la fiducia, le immagini degradate possono diminuire la fiducia (MacMillan, Entin & Serfaty, 1994). Quindi si può attestare che la regolazione della qualità dell'immagine e l'aggiunta di informazioni all'interfaccia relative alla capacità dell'automazione possono promuovere un'adeguata fiducia (Lee & See, 2004).

Oltre ad aspetti grafici, una componente dell'inter-

*driving, you can see how usually real photographs, clear and impactful sentences are chosen (Karvonen & Parkkinen, 2001). Research done on over 1,400 people, conducted by Fogg, Marshall, Laraki et al., (2001), shows that for websites, credibility is highly dependent on real-world feeling; in fact, “a formal photograph of the author has increased the reliability of a research article, while an informal photograph has decreased trust”.*

*These results show that trust tends to increase when information is displayed in a way that provides concrete, consistent and clearly organized details.*

*However, caution is needed when adding photographs and other features to boost confidence. The use of high quality images compared to low definition increases user confidence, as Yeh and Wickens (2001) also states “the growing realism of the image has increased confidence and led to a greater dependence on information”. This is also demonstrated by research conducted on pilots who, during an aerial driving simulation, followed more the system's recommendations when the aid included detailed images as a guide (Ockerman, 1999). Just as highly realistic images can increase confidence, degraded images can decrease confidence (MacMillan, Entin & Serfaty, 1994). Therefore, it can be attested that adjusting image quality and adding information to the interface relating to automation capabilities can promote adequate trust (Lee & See, 2004). In addition to graphic aspects, the interface is also artificial intelligence (AI) and as described in paragraph 2.1, it is already represented in the first science fiction ideas of autonomous machines in the early 1900s. AI not only improves the driver's*

faccia è anche l'intelligenza artificiale (AI) e come si è descritto nel paragrafo 2.1, viene già rappresentata nelle prime idee fantascientifiche di macchine autonome nei primi anni del '900. L'AI non migliora solamente l'esperienza di guida del conducente, ma è di particolare importanza anche nell'aumento della fiducia verso la guida autonoma. Infatti, una persona tende a fidarsi più di un computer con cui si riesce ad avere una conversazione più familiare, rispetto a uno con cui si ha un approccio distaccato e formale (Cassell e Bickmore, 2000). Proprio per questo motivo, nella progettazione di un'AI bisogna porre l'attenzione agli aspetti caratteriali che aiutano a renderla più "umana" (vedi paragrafo 2.3). In particolar modo, Nass e Lee (2001) sostengono che "per massimizzare la fiducia, i progettisti dovrebbero selezionare parametri vocali (ad es. parole al minuto, intonazione e gamma di frequenza)" che accrescano la personalità al computer. Infatti, delle piccole differenze sugli stili vocali e tonalità, possono avere delle reazioni rilevanti sulla fiducia. Tuttavia, l'uso eccessivo di umanizzazione della macchina potrebbe avere dei riscontri negativi, in quanto potrebbero indurre a false aspettative che porterebbero a una fiducia inappropriate (Cassell e Bickmore, 2000).

Quindi, si può concludere affermando che in un'automobile a guida autonoma, l'interfaccia insieme all'intelligenza artificiale sono essenziali per indirizzare il guidatore verso un livello di fiducia appropriato.

*driving experience, but is also of particular importance in increasing confidence in autonomous driving. In fact, a person tends to trust more of a computer with which one can have a more familiar conversation than one with which one has a detached and formal approach (Cassell and Bickmore, 2000). Precisely for this reason, when designing an AI, attention must be paid to the character aspects that help make it more "human" (see paragraph 2.3). Specifically, Nass and Lee (2001) argue that "to maximize confidence, designers should select speech parameters (eg words per minute, pitch and frequency range)" that enhance computer personality. In fact, small differences in vocal styles and tonalities can have significant reactions on confidence. However, the excessive use of humanization of the machine could have negative results, as it could lead to false expectations that would lead to inappropriate trust (Cassell and Bickmore, 2000).*

*Therefore, it can be concluded by saying that in an autonomous car, the interface together with artificial intelligence are essential to direct the driver towards an appropriate level of trust.*

## 2.3 Antropomorfizzazione: fiducia verso la guida autonoma

*Anthropomorphization: trust in autonomous driving*

Si è anticipato che le caratteristiche dell'intelligenza artificiale influenzano in modo determinante la fiducia. Il fenomeno di umanizzazione del computer, e in generale di un oggetto-macchina-interfaccia, viene definito antropomorfismo, cioè l'attribuzione di caratteristiche simili a quelle umane ad un oggetto. Questo può avvenire sia per l'aspetto esteriore, ma anche per la tonalità della voce, la recitazione emotiva e la capacità di comprendere emozioni complesse (Haeuslschmid et al., 2017). Inoltre, viene constatato da Epley et al. (2010) che "una percezione antropomorfa consente all'uomo di comprendere gli oggetti attribuendo conoscenze e strutture preesistenti", influenzando positivamente la comprensione tra uomo e macchina stabilendo una relazione emotiva. Il concetto di antropomorfizzazione delle macchine viene affrontato già in alcuni racconti fantascientifici nella metà del Novecento. In particolar modo, l'autore Isaac Asimov (1920-1992), noto per aver scritto le tre leggi fondamentali della robotica nella sua raccolta *I Robot*, inizia a descrivere delle automobili umanizzate. Nel suo racconto *Sally*, scritto nel 1953, lo scrittore presenta la guida autonoma comandata da intelligenze artificiali in grado di avviare una conversazione con l'utente e impostare la destinazione in modo autonomo. Descriveva queste macchine come se avessero una vita propria, capaci di provare emozioni a tal punto da provare dolore quando

*It has been anticipated that the characteristics of artificial intelligence have a decisive influence on trust. The phenomenon of humanization of the computer, and in general of an object-machine-interface, is defined as anthropomorphism, that is, the attribution of characteristics similar to human ones to an object. This can happen both for the external appearance, but also for the tone of the voice, the emotional acting and the ability to understand complex emotions (Haeuslschmid et al., 2017). Furthermore, it is found by Epley et al. (2010) that "an anthropomorphic perception allows man to understand objects by attributing pre-existing knowledge and structures", positively influencing the understanding between man and machine by establishing an emotional relationship.*

*The concept of anthropomorphization of machines is already addressed in some science fiction stories in the mid-twentieth century. In particular, the author Isaac Asimov (1920-1992), known for having written the three fundamental laws of robotics in his collection *I Robots*, begins to describe humanized cars. In his story *Sally*, written in 1953, the writer presents autonomous driving controlled by artificial intelligences capable of starting a conversation with the user and setting the destination independently. He described these machines as having a life of their own, capable of feeling*





il motore viene spento (Kroger, 2015). Asimov illustrava una società talmente abituata alle automobili umanizzate, nella quale la quasi totalità delle persone poteva vantare di non aver mai toccato il volante di un'auto. Inoltre, questo controllo aveva fermato tutti gli incidenti e le morti, quindi le persone ponevano la loro massima fiducia nella guida autonoma. Tuttavia, l'antropomorfismo non veniva sempre visto come qualcosa di positivo, creando degli scenari con una visione pessimistica. Infatti, lo scrittore Keller (citato anche nel paragrafo 2.1) percepisce l'antropomorfismo come qualcosa di ostile: "le auto sviluppano la propria volontà, smettono di aprire le porte, si avvicinano agli avversari e finalmente iniziano a uccidere, lasciando segni di pneumatici sulle braccia e sul corpo" (Keller, 1935).

Ai giorni nostri, compaiono in letteratura studi legati alla relazione che sussiste tra antropomorfismo e fiducia. Nass e Lee (2001) ipotizzano che le persone con personalità simili siano attratte l'una dall'altra secondo la teoria della somiglianza-attrazione. Questa ricerca suggerisce che i fattori emotivi e attitudinali che influenzano le relazioni uomo-uomo possono anche contribuire alle relazioni uomo-automazione. Constatando che l'antropomorfizzazione è l'umanizzazione della macchina, si può pensare che una persona tenda ad accettare più facilmente un computer che mostra caratteristiche simili a quelle di un umano. La relazione che si crea tra uomo-automazione influenza anche la fiducia. Uno studio eseguito da Waytz et al., afferma che "l'antropomorfismo porta a una maggiore fiducia nella guida completamente automatizzata". Infatti, un avviso acustico fatto con un timbro vocale simile a quello di un essere umano aumenta la fiducia.

*emotions to the point of pain when the engine is turned off (Kroger, 2015). Asimov illustrated a society so accustomed to humanized cars, in which almost all people could boast of never having touched the steering wheel of a car. Furthermore, this check had stopped all accidents and deaths, so people placed their utmost confidence in autonomous driving. However, anthropomorphism was not always seen as something positive, creating scenarios with a pessimistic vision. In fact, the writer Keller (also cited in paragraph 2.1) perceives anthropomorphism as something hostile: "cars develop their will, stop opening doors, approach their opponents and finally start killing, leaving tire marks on arms and body" (Keller, 1935).*

*Nowadays, studies related to the relationship between anthropomorphism and trust appear in the literature. Nass and Lee (2001) hypothesize that people with similar personalities are attracted to each other according to the similarity-attraction theory. This research suggests that emotional and attitudinal factors that influence human-human relationships may also contribute to human-automation relationships. Nothing that anthropomorphizing is the humanization of the machine, we can think that a person tends to more easily accept a computer that shows characteristics similar to those of a human. The relationship that is created between man-automation also influences trust. A study performed by Waytz et al. States that "anthropomorphism leads to greater confidence in fully automated driving". In fact, an audible warning made with a vocal timbre, like the one of a human being, increases trust.*

Più precisamente, "i computer che usano frasi come 'Dovresti assolutamente farlo' tenderanno a fare appello agli utenti dominanti, mentre i computer che usano un linguaggio meno direttivo, come 'Forse dovresti farlo', tendono a fare appello ad utenti più passivi" (Lee & See, 2004).

Al momento, tra i software di riconoscimento vocale più conosciuti introdotti negli smartphone ci sono *Siri*, *Alexa* e *Google Assistant*. In particolare, queste intelligenze artificiali stanno prendendo sempre più importanza nelle interfacce delle automobili. Inoltre, una macchina a cui viene dato un nome, una voce e un genere, induce maggiore fiducia. Infatti, Kroger (2015) fa l'esempio di un'auto a cui è stato dato il nome *IRIS* e una voce femminile.

Il successo dei futuri veicoli autonomi dipende da un elemento chiave: l'interfaccia uomo-macchina. Intorno all'inizio del secolo, il cinema valutava la comunicazione linguistica tra uomo e macchina con un certo scetticismo. L'eliminazione del volante continua a essere un tabù. Oggi trattiamo già le nostre auto come esseri viventi e non ci troviamo nulla di strano. Da un lato, le auto senza conducente rompono con tutti i rituali storici associati al controllo; dall'altro, sono predestinate a renderle sempre più antropomorfizzate.

Errori di progettazione, problemi di manutenzione e variabilità imprevista rendono irrealizzabile un'automazione completamente affidabile in tutte le condizioni. Per questo motivo è importante porsi come obiettivo la realizzazione di un'automazione altamente affidabile, valutando attentamente qualsiasi antropomorfizzazione dell'automazione, come l'uso del parlato, per realizzare un interlocutore sintetico

More precisely, "Computers that use phrases like 'You should definitely do this' will tend to appeal to dominant users, while computers that use less directive language, such as 'Maybe you should', tend to appeal to more passive users" ( Lee & See, 2004).

*At the moment, among the most popular voice recognition software introduced in smartphones are Siri, Alexa and Google Assistant. In particular, these artificial intelligences are becoming increasingly important in car interfaces. Also, a machine that is given a name, a voice and a gender induces more confidence. In fact, Kroger (2015) gives the example of a car that has been given the name IRIS and a female voice.*

*The success of future autonomous vehicles depends on a key element: the human-machine interface. Around the turn of the century, cinema viewed linguistic communication between man and machine with a certain skepticism. The elimination of the steering wheel continues to be a taboo. Today we already treat our cars as living beings and we do not find anything strange. On the one hand, driverless cars break with all the historical rituals associated with control; on the other, they are destined to make them increasingly anthropomorphized.*

*Design errors, maintenance problems and unexpected variability make completely reliable automation impossible under all conditions. For this reason it is important to set the goal of creating a highly reliable automation, carefully evaluating any anthropomorphization of automation, such as the use of speech, to create a synthetic interlocutor that contributes to creating an*

che contribuisca a creare un adeguato rapporto di fiducia dell'utente finale.

Esistono dei problemi di ricerca sostanziali riguardanti la progettazione di un'automazione affidabile. In primo luogo, esistono pochi studi che hanno affrontato l'influenza delle funzionalità dell'interfaccia. Recenti evidenze neurologiche suggeriscono l'esistenza di percorsi strutturalmente separati per le risposte affettive e analitiche, e questa differenza può implicare considerazioni sull'interfaccia ugualmente separate. Ad esempio, la musica e la prosodia possono essere particolarmente abili nell'influenzare le risposte affettive (Panksepp & Bernatzky, 2002), e quindi la sonificazione (Brewster, 1997) piuttosto che la visualizzazione possono essere un modo efficace per calibrare la fiducia.

*adequate relationship of trust for the end user..*

*There are substantial research issues surrounding the design of reliable automation. First, few studies exist that have addressed the influence of interface functionality. Recent neurological evidence suggests the existence of structurally separate pathways for affective and analytical responses, and this difference may imply equally separate interface considerations. For example, music and prosody may be particularly adept at influencing affective responses (Panksepp & Bernatzky, 2002), and thus sonification (Brewster, 1997) rather than visualization can be an effective way to gauge trust.*



Fig. 3, *Siri*, Apple



Fig. 4, *Alexa*, Amazon



**Google Assistant**

Fig. 5, *Google assistant*, Google

# 03

## > Alla guida autonoma

Towards autonomous driving

## 3.1 Evoluzione tecnologica e i risultati

### Technological evolution and results

Dagli anni '80 al 2003 la ricerca universitaria, appoggiata da compagnie automobilistiche e da agenzie di trasporto, ha studiato il trasporto autonomo arrivando a concepire due tipi di tecnologia basati su concetti diversi di guida autonoma.

La prima tecnologia riprende la teoria classica di guida autonoma legata all'infrastruttura autostradale, come in *Magic Highway U.S.A.* (1958) di Ward Kimball. Nel 1997 il programma DEMO 97 del PATH (California Partners for Advanced Transit and Highways) ha fatto in modo che 8 veicoli si guidassero in maniera autonoma per circa 120km; il sistema usava magneti incorporati nell'autostrada e un sistema di platooning fra i veicoli (V2V) (Anderson et al. 2014).

Il secondo metodo cambia il paradigma della guida autonoma, in quanto si basa sul fatto che l'auto non ha più bisogno di comandi o infrastrutture esterne per muoversi ma di un sistema integrato direttamente nel veicolo.

Dei grandi esponenti nello sviluppo delle auto a guida autonoma sono stati Ernst Dieter Dickmanns e i suoi ingegneri che hanno guidato il team alla Bundeswehr University verso diversi progressi, principalmente nel campo dei veicoli a guida autonoma visuale, riuscendo a creare nel 1987 i VaMoRs (*Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen*), furgoncini dotati di due fotocamere, otto microprocessori Intel a 16 bit e una miriade di sensori e software, che riuscirono a percorrere circa 20 km a 90 km/h (Oliveira et al., 2019). Anche il NavLab della Carnegie Mellon University, in quegli anni, sviluppò diversi veicoli so-

*From the 1980s to 2003, university research, supported by car companies and transport agencies, studied autonomous transport, coming to conceive two types of technology based on different concepts of autonomous driving.*

*The first technology follows the classic theory of autonomous driving linked to the highway infrastructure, as in *Magic Highway U.S.A.* (1958) by Ward Kimball. In 1997 the DEMO 97 program of PATH (California Partners for Advanced Transit and Highways) made sure that 8 vehicles drove autonomously for about 120km; the system used magnets incorporated into the highway and a platooning system between vehicles (V2V) (Anderson et al. 2014).*

*The second method changes the paradigm of autonomous driving, as it is based on the fact that the car no longer needs external controls or infrastructures to move but a system integrated directly into the vehicle. Great exponents in the development of self-driving cars were Ernst Dieter Dickmanns and his engineers who led the team at Bundeswehr University towards several advances, mainly in the field of visually self-driving vehicles, managing to create in 1987 the VaMoRs (*Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen*), vans equipped with two cameras, eight 16-bit Intel microprocessors and a myriad of sensors and software, which managed to travel about 20 km at 90 km / h (Oliveira et al., 2019).*

*Even the NavLab of Carnegie Mellon University, in tho-*

prannominati proprio NavLab, con numeri da 1 a 10 per distinguerli, che riuscivano a viaggiare per la quasi totalità del tempo con un operatore il cui compito era solo quello di decidere se accelerare o frenare.

I risultati del team di Dickmanns, i risultati del NavLab della Carnegie Mellon University e molti altri portarono l'industria automobilistica a preferire il sistema di guida autonoma visuale (Kröger, 2015) che permetteva più libertà e minori costi rispetto all'utilizzo di infrastrutture esterne da installare su strade e autostrade.

In seguito non ci furono progressi significativi, se non miglioramenti ai sensori di supporto alla guida. La situazione è cambiata quando, dopo l'attacco alle torri gemelle l'11 Settembre, la preoccupazione di possibili guerre future ha portato la *The Agency for Research and Military Development* degli Stati Uniti d'America a pensare di ridurre la presenza dei soldati americani sul campo. Promosse dalla Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), nascono così le *Grand Challenges*, delle competizioni tra le più grandi università americane, in cui auto completamente autonome dovevano percorrere vari tragitti in diverse situazioni e arrivare a determinati obiettivi per vincere (Oliveira et al., 2019).

Le prime due Grand Challenges sono state delle gare di 150 miglia nel deserto Mojave, a cavallo tra California e Nevada, disputate tra prototipi di veicoli a guida autonoma, con un premio in denaro di 1 milione di dollari per la prima gara e di 2 per la seconda. Durante la prima corsa del 2004 nessuna delle auto riuscì a terminare la gara e la migliore arrivò ad appena 8 miglia. Solamente 18 mesi dopo, nella gara del 2005, ben cinque veicoli riuscirono a completare

se years, developed several vehicles nicknamed NavLab, with numbers from 1 to 10 to distinguish them, which were able to travel almost all of the time with an operator whose task was only to decide whether accelerate or brake.

Dickmanns team results, Carnegie Mellon University NavLab results and many others led the automotive industry to prefer the visual autonomous driving system (Kröger, 2015) which allowed more freedom and lower costs than using external infrastructure. to be installed on roads and highways.

There was no significant progress thereafter, other than improvements to the driving support sensors. The situation changed when, after the attack on the twin towers on 11 September, the concern of possible future wars led the The Agency for Research and Military Development of the United States of America to consider reducing the presence of American soldiers on the field. Promoted by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), the Grand Challenges were born, competitions between the largest American universities, in which completely autonomous cars had to travel various routes in different situations and reach certain objectives to win (Oliveira et al., 2019)

The first two Grand Challenges were 150-mile races in the Mojave Desert, between California and Nevada, held between prototype self-driving vehicles, with a cash prize of one million for the first race and two million dollars for the second. During the first race in 2004, none of the cars managed to finish the race and the best only came within 8 miles. Only 18 months later, in the 2005 race, five vehicles managed to

le 150 miglia (Anderson et al. 2014). L'ultima gara, avvenuta nel 2007, è soprannominata *Urban Challenge* proprio perché prevedeva un percorso di 60 miglia in città, durante il quale i veicoli avrebbero dovuto rispettare le regole stradali districandosi nel traffico e in caso di infrazioni ci sarebbe stato un malus al tempo finale di arrivo. Sei veicoli sono riusciti a finire il percorso stabilito impiegando meno di 4 ore e mezzo, compresi i malus (Ibidem).

Le Grand Challenges promosse dal DARPA hanno sicuramente creato una base tecnologica per lo sviluppo della guida autonoma (Lutin et al. 2013). Già nel 2010 Google dichiarò di eseguire dei test a questo riguardo, e anche molte altre aziende cominciarono a sviluppare auto a guida autonoma, tra cui: Mercedes-Benz, General Motors, Continental Automotive Systems, Autoliv, Bosch, Nissan, Renault, Toyota, Audi, Hyundai Motor Company, Volvo, Tesla Motors e Peugeot (Ondruš et al. 2020).

In seguito anche in Unione Europea e negli Stati Uniti si iniziò a collaborare per lo sviluppo dei sistemi di trasporto a guida autonoma, permettendo di effettuare i test anche nelle strade pubbliche di alcune città (Ibidem).

complete the 150 miles (Anderson et al. 2014). The last race, which took place in 2007, is nicknamed *Urban Challenge* precisely because it involved a 60-mile route in the city, during which the vehicles would have had to respect the road rules, extricating themselves through traffic and in case of infringements there would have been a penalty at the time final arrival. Six vehicles managed to complete the established route in less than 4.5 hours, including penalties (Anderson et al. 2014).

The Grand Challenges promoted by DARPA have certainly created a technological basis for the development of autonomous driving (Lutin et al. 2013). As ear-

ly as 2010 Google claimed to run tests in this regard, and many other companies also began to develop self-driving cars, including: Mercedes-Benz, General Motors, Continental Automotive Systems, Autoliv, Bosch, Nissan, Renault, Toyota, Audi, Hyundai Motor Company, Volvo, Tesla Motors and Peugeot (Ondruš et al. 2019). Later, also in the European Union and in the United States, collaboration began for the development of self-driving transport systems, allowing tests to be carried out even on the public roads of some cities (Ondruš et al. 2019).



Fig. 6, Stanley, Autonomous Car. DARPA <http://www.darpa.mil.jpg>

## 3.2 Livelli della guida autonoma

### Levels of autonomous driving

La guida autonoma ha sei gradi di misurazione che definiscono i sistemi di automazione. Questi livelli vengono presentati nel 2014 con un nuovo standard internazionale J3016 (*Wayback Machine*) dalla Society of Automotive Engineers International (SAE), un ente americano di normazione nelle aree dell'industria aerospaziale e automobilistica.

Vanno dal livello 0, cioè con automazione nulla, al livello massimo che è 5, quindi completa automazione di guida, al giorno d'oggi ancora inesistente. L'ultima versione è stata riscritta, per il fatto che il documento precedente non era chiaro su alcune terminologie. In particolar modo venivano fraintese delle caratteristiche che differenziano SAE Livello 3 e SAE Livello 4.

Autonomous driving has six degrees of measurement that define automation systems. These levels are presented in 2014 with a new international standard J3016 (*Wayback Machine*) by the Society of Automotive Engineers International (SAE), an American body for standardization in the areas of the aerospace and automotive industries.

They range from level 0, that is with zero automation, to the maximum level which is 5, therefore complete driving automation, still non-existent today. The latest version has been rewritten, due to the fact that the previous document was not clear on some terminologies. In particular, the characteristics that differentiate SAE Level 3 and SAE Level 4 were misunderstood.

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged - even if your feet are off the pedals and you are not steering	You are not driving when these automated driving features are engaged - even if you are seated in "the driver's seat"				
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and monetary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example features	Automatic emergency braking  Blind spot warning  Lane departure warning	Lane centering OR adaptive cruise control	Lane centering AND adaptive cruise control at the same time	Traffic jam chauffeur	Local driverless taxi pedals/steering wheel may or may not be installed	Same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Scheme 2: SAE levels

### 3.3 Fiducia verso la guida autonoma e come misurarla

Trust in autonomous driving and how to measure it

Nel capitolo precedente si è descritto come l'interfaccia influisce sulla fiducia dell'utente verso la guida autonoma. Nonostante nel settore automobilistico si continuino a fare progressi a livello tecnologico, rimangono ancora molte problematiche dal punto di vista psicologico, come ad esempio l'accettazione della guida autonoma. Pertanto, lo studio della fiducia dell'utente è importante per garantire l'uso corretto del servizio e creare accettabilità. Per questo motivo, in questo paragrafo vengono spiegati vari studi su come portare la fiducia dei conducenti ad un livello adeguato, grazie all'interazione tra interfaccia-utente-macchina. A tale proposito "Sheridan (1975) e Sheridan e Hennessy (1984) hanno affermato che proprio come la fiducia influenza le relazioni tra le persone, può anche condizionare la relazione tra le persone e l'automazione" (Lee & See, 2004).

Innanzitutto, le varie fasi di ricerca della fiducia devono essere studiate in modo olistico, proprio perché "la formazione della fiducia è un processo dinamico che inizia dal primo contatto dell'utente con il sistema e continua a lungo" (Ekman et al., 2018). Quindi quando si progetta una HMI (Human Machine Interface), non bisogna analizzare i singoli eventi isolati, ma visualizzare l'insieme delle fasi di guida dell'utente, partendo dalla scelta dell'utilizzo dell'au-

*The previous chapter described how the interface affects the user's confidence in autonomous driving. Although technological progress continues to be made in the automotive sector, there are still many problems from a psychological point of view, such as the acceptance of autonomous driving. Therefore, the study of user trust is important to ensure the correct use of the service and create acceptability. For this reason, this paragraph explains various studies on how to bring the confidence of drivers to an adequate level, thanks to the interaction between the interface-man-machine. In this regard, "Sheridan (1975) and Sheridan and Hennessy (1984) have stated that just as trust influences relationships between people, it can also affect relationships between people and automation" (Lee & See, 2004).*

*First of all, the various phases of the search for trust must be studied in a holistic way, precisely because "the formation of trust is a dynamic process that starts from the user's first contact with the system and continues for a long time" (Ekman et al., 2018). Therefore, when designing an HMI (Human Machine Interface), it is not necessary to analyze the individual isolated events, but to view the set of user driving phases, starting from the choice of use of the car up to the end*

to fino alla fase di fine guida. Inoltre, Ekman (et al., 2018) spiegano che la fiducia è un atteggiamento che viene influenzato sia da eventi precedenti, sia dalle informazioni che si ricevono in quel momento. Tuttavia, questo comportamento può essere condizionato anche da valutazioni precedenti del determinato servizio o da esperienze che si sono fatte con tecnologie simili.

In rapporto alle circostanze e ai dati che l'utente ricava, si presenteranno diversi livelli di fiducia che cambieranno la relazione della persona con la macchina. Il livello più basso che potrebbe presentarsi è il rifiuto da parte dell'utente della guida autonoma per mancanza di fiducia, anche se le prestazioni dei sistemi sono ottime (Lee & See, 2004). Al contrario, si può definire comportamento improprio, quando si pone troppa fiducia nell'automazione. Quando accade, il conducente potrebbe affidare il totale controllo alla macchina violando i presupposti critici in momenti di pericolo o guasti. Per tale ragione "un livello di fiducia appropriato è quindi un livello di fiducia che è ragionevole in relazione alle effettive prestazioni del sistema di guida autonoma" (Ibidem).

Ekman et al., (2018) spiegano che ci sono ancora problematiche nello studio della fiducia nella guida autonoma, come: identificare i fattori che la influenzano relativi al contesto e capire come creare un livello di fiducia adeguato e mantenerlo nel tempo rispetto alle diverse esperienze degli utenti.

Per capire se la fiducia è a un livello appropriato, oppure improprio, si utilizzano dei metodi di misurazione. Il concetto di misurazione della fiducia umana verso l'automazione si è sviluppato intorno agli anni '70 e '80, con la diffusione dei primi personal

of driving phase. Furthermore, Ekman (et al., 2018) explain that trust is an attitude that is influenced both by previous events and by the information that is received at that time. However, this behavior can also be conditioned by previous evaluations of the particular service or by experiences with similar technologies.

*In relation to the circumstances and the data that the user obtains, different levels of trust will arise that will change the person's relationship with the machine. The lowest level that could occur is the refusal by the user of autonomous driving due to lack of confidence, even if the performance of the systems is excellent (Lee & See, 2004). On the contrary, it can be defined as improper behavior, when too much trust is placed in automation. When this happens, the driver could put the car in full control by violating critical assumptions in times of danger or breakdown. For this reason, "an appropriate level of confidence is therefore a level of confidence that is reasonable in relation to the actual performance of the autonomous driving system" (Lee & See, 2004).*

*Ekman et al., (2018) explain that there are still problems in the study of confidence in autonomous driving, such as: identifying the factors that influence it relative to the context and understanding how to create an adequate level of confidence and maintain it over time with respect to different experiences of users.*

*Measuring methods are used to understand whether trust is at an appropriate or improper level. The concept of measuring human confidence in automation developed around the 70s and 80s, with the spread*

computer (Rempel et al., 1985). Come si è descritto all'inizio, l'utente elabora le informazioni in base alle esperienze passate e al suo approccio presente con il sistema utilizzato. L'informazione ricevuta viene elaborata in modo autonomo, con un processo analogico o analitico. La differenza sta che nel primo caso, l'utente utilizza soluzioni già conosciute per creare regole, nel secondo esempio il processo si basa su impressioni e sentimenti (Ekman et al., 2018).

Quindi, è fondamentale saper misurare la fiducia, perché “una misurazione accurata può dare un contesto al comportamento degli utenti e aiutare a dirigere la progettazione dell'automazione” (Kohn et al., 2021). Attualmente non esistono ancora strumenti precisi che consentano ai ricercatori di stimare i livelli di fiducia e questo può portare alla loro concettualizzazione personale dei risultati. La fiducia è scarsamente misurata, i metodi di misurazione vengono costantemente creati, spesso senza la convalida o senza fare riferimento in modo appropriato ai lavori precedenti.

Tuttavia, nello studio di Kohn (et al., 2021) sono state presentate trenta misurazioni della fiducia verso l'automazione, che possono essere divise in misure di autovalutazioni, comportamentali e fisiologiche. Appartengono alla prima categoria le misurazioni che utilizzano sondaggi o interviste rivolte direttamente all'utente. Sono delle misure self-report e misurano “la fiducia e la sfiducia come opposti polari lungo un'unica dimensione piuttosto che una semplice fiducia unidimensionale. Gli elementi di fiducia sulla scala includono valutazioni di affidabilità, integrità e fiducia generale” (jian et al., 2000). Le misurazioni che comportamentali, utilizzano solo la scala di valutazione del potenziale compiacimento verso l'auto-

of the first personal computers (Rempel et al., 1985). As described at the beginning, the user processes information based on past experiences and his present approach with the system used. The information received is processed independently, with an analog or analytical process. The difference is that in the first case, the user uses already known solutions to create rules, in the second example the process is based on impressions and feelings (Ekman et al., 2018).

Therefore, it is essential to know how to measure trust, because “accurate measurement can give context to user behavior and help direct the design of automation” (Kohn et al., 2021). There are currently no precise tools that allow researchers to estimate confidence levels and this can lead to their personal conceptualization of the results. Trust is poorly measured, methods of measurement are constantly being created, often without validation or without referring appropriately to previous work.

However, in the study by Kohn (et al., 2021), thirty measurements of confidence in automation were presented, which can be divided into self-assessment, behavioral and physiological measures. The measurements that use surveys or interviews addressed directly to the user belong to the first category. They are self-report measures and measures “trust and distrust as polar opposites along a single dimension rather than a simple one-dimensional trust. Elements of trust on the scale include ratings of reliability, integrity and general trust” (jian et al., 2000). The behavioral measurements only use the scale of evaluation of the potential complacency towards automation, in which trust is mea-

mazione, in cui la fiducia viene misurata prima dell'interazione con il servizio (Singh et al., 1993).

Inoltre, per avere una valutazione più efficace si possono anche combinare misure comportamentali e di autovalutazione e fornire una maggiore evidenza del comportamento dell'automazione sulla fiducia. Esaminando l'attuale corpus di lavori, un gran numero di ricercatori utilizza un'unica misura della fiducia, spesso comportamentale, e dichiara che sta misurando la fiducia senza prove o convalide sufficienti. Tra le misurazioni più semplici troviamo quelle comportamentali e fisiologiche (ad es. Walliser, 2011; de Visser et al., 2016, 2017; Pak et al., 2012).

Tuttavia, riconosciamo che la tendenza ad affermare che viene ricevuta la "fiducia" complessiva, piuttosto che una componente specifica della fiducia, può essere dovuta a una debolezza intrinseca in molte misure di fiducia. Un modello in cui ogni componente è chiaramente definito e misurabile potrebbe migliorare notevolmente l'analisi e la discussione della "Trust in automation".

sured before the interaction with the service (Singh et al., 1993).

*In addition, to have a more effective evaluation one can also combine behavioral and self-evaluation measures and provide greater evidence of the behavior of automation on trust. Looking at the current body of work, a large number of researchers use a single measure of trust, often behavioral, and state that they are measuring trust without sufficient proof or validation. Among the simpler measurements we find behavioral and physiological ones (e.g. Walliser, 2011; de Visser et al., 2016, 2017; Pak et al., 2012).*

*However, we recognize that the tendency to say that overall "trust" is being received, rather than a specific component of trust, may be due to an inherent weakness in many confidence measures. A model in which each component is clearly defined and measurable could greatly improve the analysis and discussion of "Trust in automation".*

# 04

v Ora

Now



## 4.1 Le aziende principali

### The main companies

Ad oggi sono presenti moltissime aziende automobilistiche, e non solo, che stanno sviluppando sistemi di guida autonoma a vari livelli. Proveremo a descrivere le aziende più conosciute e maggiormente all'avanguardia, sia nella progettazione che nel livello di automazione.

Partiamo da Waymo. Waymo è l'impresa di Alphabet, più comunemente conosciuta come Google, che si occupa di sviluppare tecnologie per la guida autonoma. Inizialmente fu guidata da Sebastian Thrun, supervisore del progetto del *Artificial Intelligence Laboratory* della Stanford University che ha vinto la Grand Challenge del 2005 con il robot Stanley (Kröger, 2015).

Dal 2009, Waymo ha sviluppato il proprio sistema di guida autonoma, basato su videocamere, radar, sensori e lidar; che nel 2015 ha portato alla realizzazione della loro prima auto completamente autonoma, *Firefly*. L'azienda si propone come obiettivo quello di creare un sistema di guida autonoma che possa essere integrato in ogni auto o su altro mezzo, creando un sistema di partnership, e non una semplice auto a guida autonoma. Ad oggi, Waymo offre un servizio di robot taxi, Waymo One, nelle città di Phoenix e San Francisco e un servizio di trasporto merci, Waymo Via.

Passiamo a Tesla, forse l'azienda di auto più conosciuta tra quelle che stanno lavorando per sviluppare un sistema di guida autonoma. Tesla nacque come

*Today, there are many automotive companies, and not only, which are developing autonomous driving systems at various levels. We will try to describe the best known and most advanced companies, both in design and in the level of automation.*

*Let us start with Waymo. Waymo is the Alphabet company, more commonly known as Google, which develops technologies for autonomous driving. It was initially led by Sebastian Thrun, project supervisor of Stanford University's Artificial Intelligence Laboratory who won the 2005 Grand Challenge with the robot Stanley (Kröger, 2015).*

*Since 2009, Waymo has been developing their own autonomous driving system, based on cameras, radar, sensors and lidar, which in 2015 led to the creation of their first fully autonomous car, Firefly. The company aims to create an autonomous driving system that can be integrated into any car or other means, creating a partnership system, and not a simple self-driving car. To date, Waymo offers a robot taxi service, Waymo One, in the cities of Phoenix and San Francisco and a freight service, Waymo Via.*

*Let us move on to Tesla, perhaps the best-known car company among those working to develop an autonomous driving system. Tesla was born as a fully electric car company in 2003 and from 2014 introduced the*

azienda di auto completamente elettriche nel 2003 e dal 2014 introdusse nei suoi veicoli la possibilità di avere un sistema di guida autonoma chiamato *autopilot*. Autopilot nacque inizialmente come sistema di assistenza alla guida, che però negli anni si è evoluto notevolmente permettendo, ora, viaggi in autostrada praticamente senza bisogno dell'intervento del conducente. Dal 2020 i possessori di auto Tesla, in USA, hanno potuto richiedere la versione beta del software *Full Self-Driving* per la guida autonoma in ambiente cittadino, messa a disposizione dall'azienda. A coloro che avevano fatto richiesta, veniva assegnato un punteggio di sicurezza del conducente da 0 a 100 in base alla loro capacità di guida; più alto era il punteggio, prima gli veniva consegnato il software. In questa maniera Tesla riceveva sempre nuovi dati per migliorare il software che anche oggi sta pian piano distribuendo a più utenti.

Infine, parliamo di Zoox, un'azienda nata nel 2014 con lo scopo di mettere in produzione veicoli a guida autonoma. Nel 2020 è stata comprata da Amazon, con l'intento di creare un servizio di trasporto, più precisamente un robot taxi. Gli ingegneri di Zoox, hanno perciò creato un'intera vettura con questo solo scopo, senza volante e con un ambiente comodo e con l'obiettivo di ricreare una situazione di convivialità, una sorta di carrozza senza guidatore e senza cavalli.

Queste aziende che abbiamo descritto sono solamente alcune di quelle presenti sul mercato, ma ne esistono molte altre che lavorano e progettano veicoli con un livello di automazione più bassa; basti pensare che ormai la maggior parte delle auto ha sistemi di assistenza alla guida di livello 1 o 2 di automazione e nel 2022 usciranno le prime auto a guida autonoma di livello 3.

*possibility of having an autonomous driving system called "autopilot" in its vehicles. Autopilot was initially born as a driver assistance system, but over the years it has evolved considerably, allowing now travel on the motorway practically without the need for driver intervention. Since 2020, Tesla car owners in the US have been able to request the beta version of the Full Self-Driving software for autonomous driving in a city environment, made available by the company. Those who applied were assigned a driver safety score from 0 to 100 based on their driving ability; the higher the score, the sooner the software was delivered. In this way Tesla always received new data to improve the software that even today it is slowly distributing to more users.*

*Finally, let us talk about Zoox, a company founded in 2014 with the aim of putting self-driving vehicles into production. In 2020 Amazon bought it, with the intention of creating a transport service, more precisely a robot taxi. The Zoox engineers have therefore created an entire car with this sole purpose, without a steering wheel and with a comfortable environment and with the aim of recreating a situation of conviviality, a sort of carriage without a driver and without horses.*

*These companies that we have described are just some of those on the market, but there are many others that work and design vehicles with a lower level of automation; Suffice it to say that by now most cars have level 1 or level 2 automation driving assistance systems and in 2022 the first level 3 self-driving cars will be released.*



## 4.2 Interfaccia per la fiducia

### Interface for trust

Durante la Fase I del progetto il Dipartimento di Automatica e Informatica (DAUIN) del Politecnico di Torino ha prodotto un report sulle diverse HMI esistenti e di come influenzano la fiducia del guidatore. Abbiamo usato il report come base per la scrittura del paragrafo, nel quale parleremo nello specifico di: Interfaccia uditiva, Dashboard e AR-HUD.

In un veicolo a guida autonoma il conducente può lasciare i comandi e diventare un passeggero, svolgendo quelle che in gergo tecnico sono chiamate *Non-driving related tasks* (NDRT), ovvero tutte quelle attività non legate alla guida, come leggere, lavorare o guardare lo smartphone.

Perché l'utente si fidi a lasciare i comandi deve necessariamente fidarsi della guida autonoma e le diverse interfacce hanno esattamente questo scopo.

#### **Interfaccia uditiva**

La modalità uditiva ha diverse caratteristiche:

- > Omnidirezionalità, che permette al guidatore di non doversi concentrare su un punto per ricevere avvisi e/o indicazioni, in quanto l'udito può sempre ricevere informazioni;
- > L'informazione uditiva è transitoria e non persistente;
- > I suoni sono riconoscibili anche se si presentano contemporaneamente ad altri rumori.

Sfruttando queste caratteristiche, l'interfaccia uditiva può rassicurare il guidatore, distratto dalle proprie NDRT, su quello che sta svolgendo l'auto, ad esem-

*During Phase I of the project, the Department of Automatics and Computer Science (DAUIN) of the Politecnico di Torino produced a report on the different existing HMI and how they affect driver confidence. We used the report as a basis for writing the paragraph, in which we will talk specifically about: Auditory Interface, Dashboard and AR-HUD.*

*In a self-driving vehicle the driver can leave the controls and become a passenger, carrying out what in technical jargon are called non-driving related tasks (NDRT), i.e. all those activities not related to driving, such as reading, working or watching smartphone.*

*For the user to trust to leave the controls, they must necessarily trust autonomous driving and the different interfaces have exactly this purpose.*

#### **Auditory interface**

*The auditory mode has several characteristics:*

- > Omnidirectionality, which allows the driver not to have to concentrate on one point to receive warnings and / or indications, as hearing can always receive information;
- > Auditory information is transient and not persistent;
- > Sounds are recognizable even if they occur simultaneously with other noises.

*Taking advantage of these features, the auditory interface can reassure the driver, distracted by their NDRTs, about what the car is doing, for example during an*

pio durante un sorpasso ci sarà il suono della freccia in sottofondo. Ovviamente è necessario che queste interruzioni siano puntuali e non invadenti per non infastidire la NDRT.

L'interfaccia uditive può essere composta da un output vocale, da icone uditive o da entrambe.

Secondo diversi studi, un'interfaccia vocale, o meglio, un assistente vocale migliora la fiducia del passeggero nella capacità di guida dell'auto.

### **Dashboard**

La dashboard è un'interfaccia comunemente usata in ambito automobilistico, questo la rende ottimale per la transizione in un contesto evoluto come quello della guida autonoma, dove i nuovi utenti riconosceranno l'interfaccia e si sentiranno più sicuri grazie alla familiarità.. In un veicolo autonomo la dashboard rimane un punto fermo ma espande le sue funzionalità di intrattenimento, rendendola il focus delle NDRT del passeggero.

### **AR-HUD**

L'Augmented reality-Head-up display (AR-HUD) è un'evoluzione del semplice HUD, un display che proietta in trasparenza dati sulla guida e che permette di non distogliere lo sguardo. Con la realtà aumentata è invece possibile "espandere" il mondo reale con informazioni che offrono svariati vantaggi.

Con l'utilizzo combinato di queste tipologie di interfaccia è possibile creare un ecosistema che stimoli la fiducia dei guidatore/passeggero nei confronti della guida autonoma.

*overtaking there will be the sound of the arrow in the background. Obviously it is necessary that these interruptions are punctual and not intrusive in order not to annoy the NDRT.*

*The auditory interface can consist of a speech output, auditory icons, or both.*

*According to various studies, a voice interface, or rather, a voice assistant improves the passenger's confidence in the ability to drive the car.*

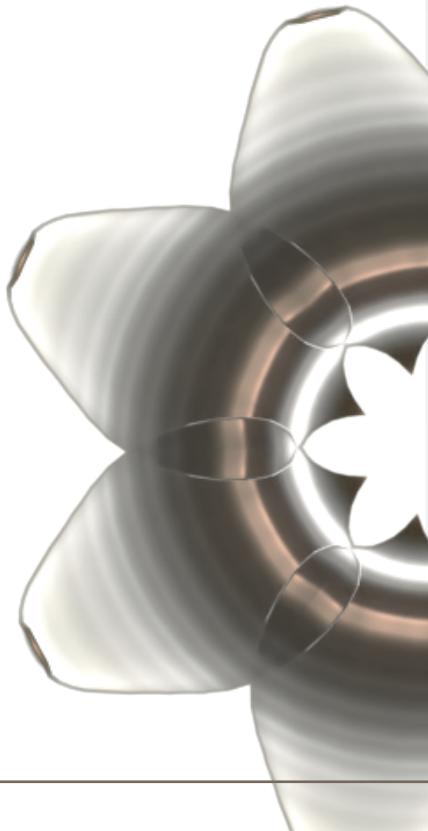
### **Dashboard**

*The dashboard is an interface commonly used in the automotive field, this makes it optimal for the transition in an evolved context such as autonomous driving, where new users will recognize the interface and feel safer thanks to the familiarity. In a vehicle autonomous the dashboard remains a staple but expands its entertainment capabilities, making it the focus of passenger NDRTs.*

### **AR-HUD**

*The Augmented reality-head-up display (AR-HUD) is an evolution of the simple HUD, a display that transparently projects data on the guide and that allows you not to look away. With augmented reality, on the other hand, it is possible to "expand" the real world with information that offers various advantages.*

*With the combined use of these types of interfaces, it is possible to create an ecosystem that stimulates the driver / passenger's confidence in autonomous driving.*



In questa sezione, faremo l'analisi dell'esperienza della guida autonoma e un'analisi delle interfacce esistenti. Attraverso la creazione di 3 personas, Emily, Giordano e Nicola, proveremo a capire come gli utenti, con necessità e personalità diverse, possano rapportarsi alla guida autonoma dal primo contatto alla ricarica dell'auto. Inoltre, avremo la possibilità di analizzare più nello specifico il percorso di un'auto a guida autonoma di livello 3 con diversi eventi (use case), creato per la simulazione in VR in collaborazione con il Centro Ricerche FIAT e il DAUIN. Attraverso la ricerca e l'analisi di diversi casi studio di interfacce di auto, in produzione o concept, con diversi livelli di automazione, proveremo a capire di cosa ha bisogno un'interfaccia all'avanguardia per trasmettere fiducia agli utenti.

## SECTION 2

*In this section, we will analyze the experience of autonomous driving and an analysis of the existing interfaces. Through the creation of 3 personas, Emily, Giordano and Nicola, we will try to understand how users, with different needs and personalities, can relate to autonomous driving from first contact to car charging. In addition, we will have the opportunity to analyze more specifically the path of a level 3 self-driving car with different events (use cases), created for simulation in VR in collaboration with the FIAT Research Center and the DAUIN. By researching and analyzing various case studies of car interfaces, in production or concept, with different levels of automation, we will try to understand what a cutting-edge interface needs to convey trust to users.*

01

## **Esperienza**

// experience

02

## **Casi studio**

// case studies

# 05

## > Analisi dell'esperienza

Experience analysis

## 5.1 Personas

I personas sono archetipi che rappresentano un gruppo ampio di persone con caratteristiche simili. La loro creazione guiderà il designer nella progettazione del servizio o prodotto, facendogli prendere le decisioni migliori per soddisfare i bisogni del target preso in considerazione. Inoltre questi utenti, con dettagli personali fintizi, includeranno modelli di comportamento, obiettivi e atteggiamenti ispirati da persone reali (Nielsen, 2019).

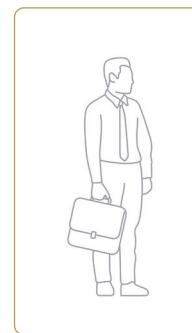
Per questo motivo, si sono creati 3 personas, pensando ai loro possibili stili di vita ed emozioni che possono provare durante l'utilizzo del prodotto, nel nostro caso l'interfaccia per la guida autonoma. In seguito, si è creata una *journey map* che comprende i tre personaggi (Emily, Giordano e Nicola). Questo strumento aiuterà a comprendere gli stati d'animo e stati fisiologici che gli utenti possono provare durante le varie fasi di guida.

*Personas are archetypes that represent a large group of people with similar characteristics. Their creation will guide the designer in the design of the service or product, helping him make the best decisions to satisfy the needs of the target considered. Additionally, these users, with fictitious personal details, will include role models, goals, and students inspired by real people.*

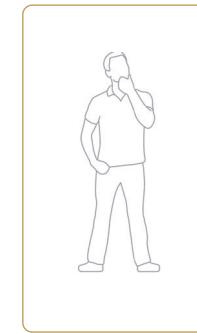
*For this reason, 3 people have been created, thinking about their possible lifestyles and emotions that they can experience while using the product, in our case the interface for autonomous driving. Later, a map of the journey was created which includes the three characters (Emily, Giordano and Nicola). This tool helps to understand the moods and physiological states that users can experience during the various driving phases.*



EMILY



GIORDANO



NICOLA



AGE: 43

ADDRESS: Nava (CN)

PROFESSION: entrepreneur

SOCIAL STATUS: Married

APPROACH:

Internet



Social



Early adopter



Car



BRAND

Apple Salewa Tesla

# Emily

Emily era una ragazza determinata. A 18 anni si svegliava ogni mattina alle 5:30 per poter prendere il treno da casa sua, dispersa nel Cuneese, ed arrivare al Politecnico di Torino in tempo per seguire le lezioni, tornando a casa alle 20 e potendo studiare soltanto in sede e lungo il tragitto in treno.

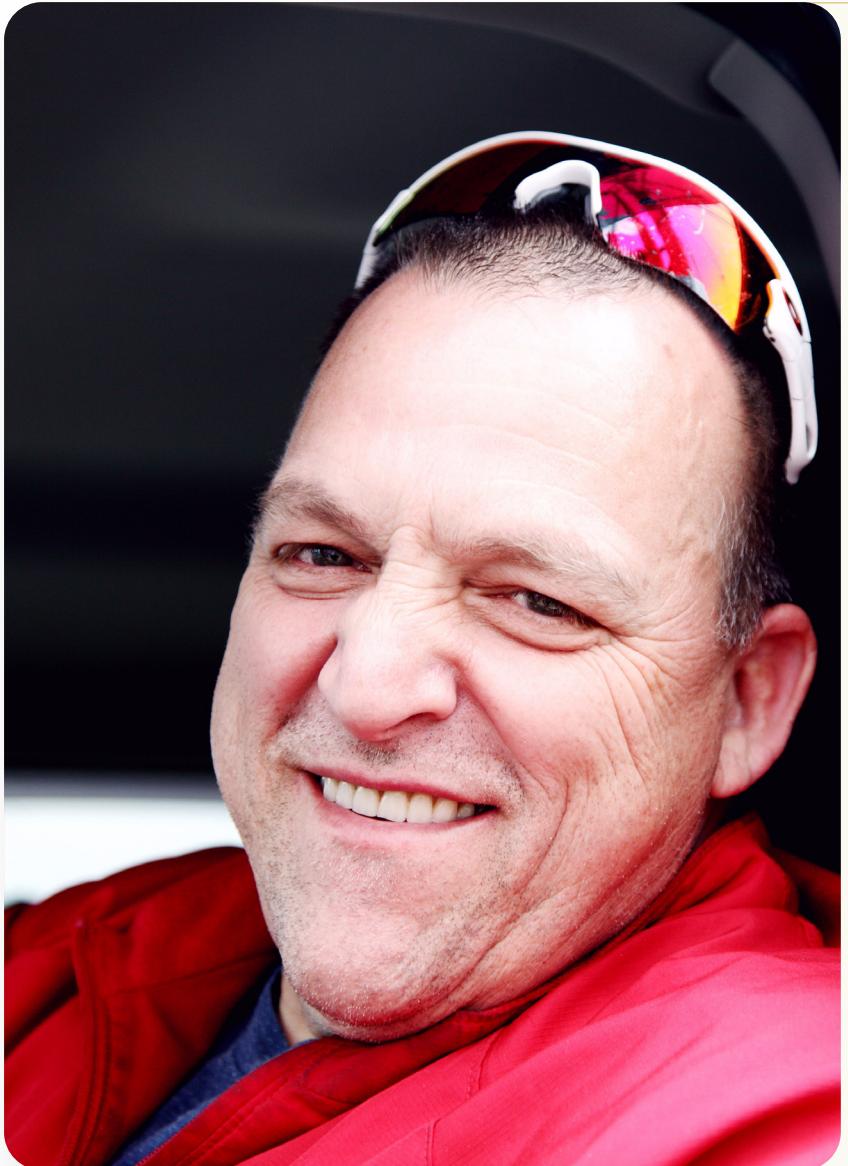
Crescendo ha fatto di tutto per crearsi un'azienda, un innovativo impianto eolico sempre all'avanguardia costruito sui terreni di famiglia, nel tempo erano rimasti abbandonati a loro stessi. I suoi ricordi sono strettamente legati alle esplorazioni e alle camminate che fin da piccola faceva su quelle colline, che col tempo l'hanno portata ad amare ed ad appassionarsi al trekking. Proprio durante uno dei suoi trekking in giro per l'Europa ha conosciuto la sua compagna, con la quale ha deciso di avere una figlia che ormai ha 11 anni.

Ora ha 43 anni ed è sempre determinata. Il suo lavoro la porta spesso a Torino, ma (forse per l'overdose da giovane) ormai odia i treni e si ritrova a guidare per delle ore immersa in un paesaggio che ormai per lei è diventato noioso e una perdita di tempo.

*Emily was a determined girl. When she was 18 she woke up every morning at 5:30 to be able to take the train from her home, in the Cuneo area, and arrive at the Polytechnic of Turin in time to attend the lessons, returning home at 8:00 pm and being able to study only on site and along the train ride.*

*Growing up, she did everything to create a company, an innovative, cutting-edge wind power plant built on the family's land, which over time had been abandoned. Her memories of her are closely linked to the explorations and walks she made on those hills since she was a child, which over time have led her to love and become passionate about trekking. It was during one of her treks around Europe that she met her partner, with whom she decided to have a daughter who is now 11 years old.*

*She is now 43 and always determined. Her work often takes her to Turin, but (perhaps due to the overdose as a young woman) she now hates trains and finds herself driving for hours immersed in a landscape that has now become boring and a waste of time for her.*



AGE: 53

ADDRESS: Turin, city

PROFESSION: sales agent

SOCIAL STATUS: divorced

APPROACH:

Internet



Social



Early adopter



Car



BRAND

Google Android

# Giordano

Giordano è una persona che generalmente è considerata difficile; ama la routine, è maniacale nell'ordine e il suo spazio personale è sacrosanto. Invecchiando le sue manie si sono rafforzate, forse è per questo che dopo più di vent'anni la moglie ha raggiunto il limite di sopportazione e, dopo che i figli si sono sistemati, lo ha lasciato.

Giordano è uno stimato agente di vendita e lavora per la sua azienda da sempre. È riuscito a ritagliarsi un posto speciale nel cuore dei dirigenti, riuscendo così ad ottenere ogni volta una cosa a cui tiene molto, il modello più recente nel parco auto aziendale.

Infatti Giordano è un appassionato di automobili in ogni loro aspetto e in ogni innovazione disponibile. Quando può mettere mano sui nuovi modelli è davvero eccitato e i lunghi viaggi di lavoro sono un ottimo modo per testarli e sfruttarli al massimo.

*Giordano is a person who is generally considered difficult; he loves routines, he is obsessive in cleanliness and his personal space is sacrosanct. As he got older, his manias became stronger, perhaps this is why after more than twenty years his wife reached the limit of tolerance and, after her children settled down, she left him.*

*Giordano is an esteemed sales agent and has worked for his company since he graduated. He has managed to carve out a special place in the hearts of executives, thus managing to achieve something he cares about every time, the latest model in the company's auto collection.*

*In fact Giordano is passionate about cars in every aspect and in every available innovation. When he can get his hands on the new models he is really excited and long business trips are a great way to test them and make the most of them.*



AGE: 23

ADDRESS: surrounding city

PROFESSION: student

SOCIAL STATUS: unmarried

APPROACH:

Internet



Social



Early adopter



Car



BRAND

Apple Salewa Tesla

# Nicola

Nicola è un ragazzo pieno di energie e risorse: è uno studente di Psicologia all'Università di Torino, un capo Scout e la sera fa volontariato alla Misericordia di San Mauro Torinese ritrovandosi quindi a girare mille posti, ma odia guidare.

Ha avuto una brutta esperienza con l'automobile durante la scuola guida; è stato velocissimo a passare l'esame di teoria, ma la pratica è stata una tortura. Non riusciva proprio ad imparare e ad essere disinvolto, in più andava sempre nel panico. Alla fine la patente l'ha ottenuta ma, a suo dire, semplicemente per una congiunzione astrale.

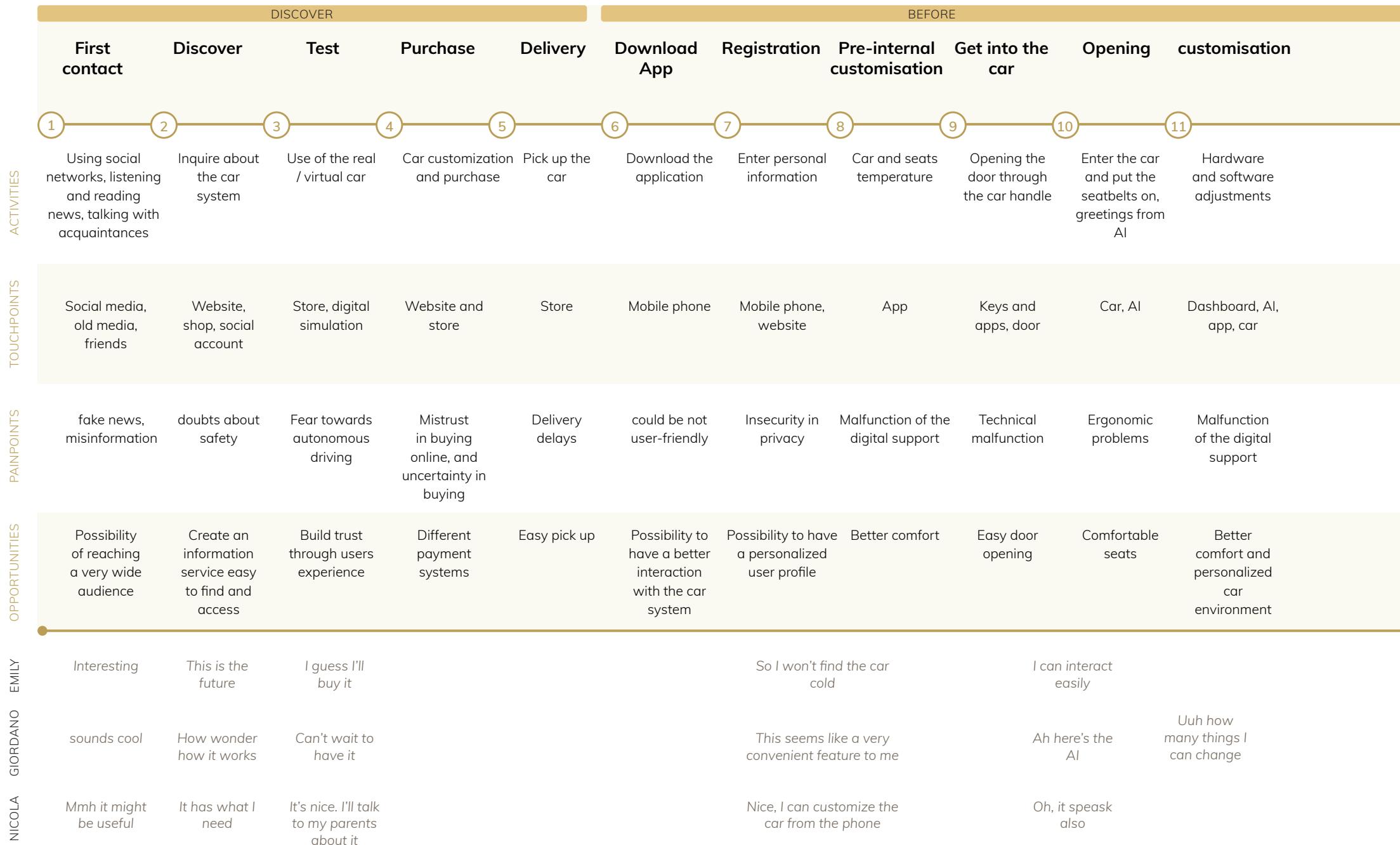
Ora usa spesso la macchina, ma per quanto non abbia mai avuto alcun problema, guida come il solito vecchietto con il cappello che ti ritrovi davanti mentre sei in fila.

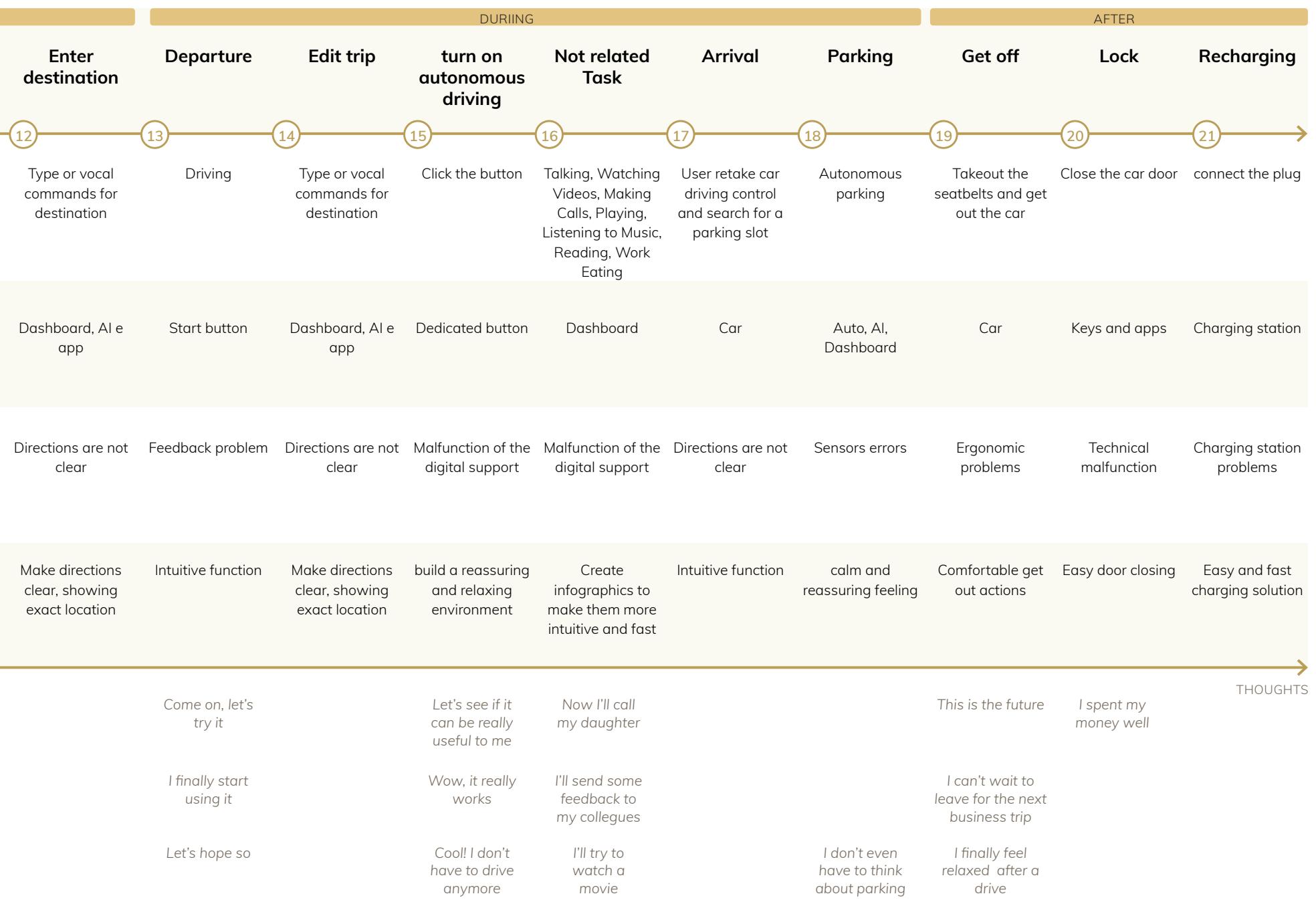
*Nicola is a boy full of energy and resources: he is a Psychology student at the University of Turin, a Scout leader and in the evening he volunteers at the Misericordia of San Mauro Torinese, thus finding himself turning a thousand places, but he hates to drive.*

*He had a bad experience with the car during driving school; he was very quick to pass the theory exam, but the practice was a torture for him. He just couldn't learn and be casual, plus he always panicked. In the end, he got the license but, according to him, simply for an astral conjunction.*

*He now often uses the car, but although he has never had any problems, he drives like the usual old man with the hat that you find yourself in front of while you are in line.*

## 5.2 Journey map





## 5.3 Progetto di simulazione

### Simulation project

La tesi si inserisce all'interno del progetto di ricerca dal titolo *Trustable and comfortable driving on autonomous vehicles* in collaborazione tra il Politecnico di Torino e il Centro Ricerche FIAT, i cui responsabili scientifici sono il prof. Claudio Germak (DAD – Dipartimento di Architettura e Design) e il prof. Fabrizio Lamberti (DAUIN – Dipartimento di Automatica e Informatica). L'obiettivo della ricerca è di sviluppare un'interfaccia multimodale, sulla base di tecnologie attualmente disponibili, in grado di supportare la fiducia nei confronti della guida autonoma. Il DAUIN è focalizzato sulla parte di simulazione in VR, mentre invece al DAD spetta la parte progettuale di interfaccia ed experience.

Nella simulazione in VR, l'utente si ritroverà ad esperienziare una corsa, su un'auto a guida autonoma di livello 3, di circa 18 minuti. Il percorso attraverserà l'ambiente autostradale, suburbano e urbano. Durante il tragitto l'auto attraverserà degli eventi chiave in cui viene messa alla prova la fiducia dell'utente, questi eventi vengono chiamati use case.

The thesis is part of the research project entitled *Trustable and comfortable driving on autonomous vehicles* in collaboration between the Polytechnic of Turin and the FIAT Research Center, whose scientific managers are prof. Claudio Germak (DAD - Department of Architecture and Design) and prof. Fabrizio Lamberti (DAUIN - Department of Automation and Computer Science). The goal of the research is to develop a multimodal interface, based on currently available technologies, capable of supporting confidence in autonomous driving. The DAUIN is focused on the simulation part in VR, while the DAD is responsible for the interface and experience design part.

In the VR simulation, the user will find himself experiencing a ride, on a level 3 self-driving car, of about 18 minutes. The route will cross the motorway, suburban and urban environment. During the journey the car will go through key events in which user trust is tested, these events are called use cases.



## Use case

Nei punti 1,4,6 e 12 l'auto effettua l'entrata e l'uscita tra autostrada, ambiente suburbano e ambiente urbano. Allo step 2, l'autista affronta una prima take over request (TOR), ovvero sarà richiesto al guidatore di riprendere il controllo per superare dei lavori in corso; queste situazioni sono tra le più incisive sulla trust. Ai punti 3 e 7, l'auto sorpassa in maniera autonoma.

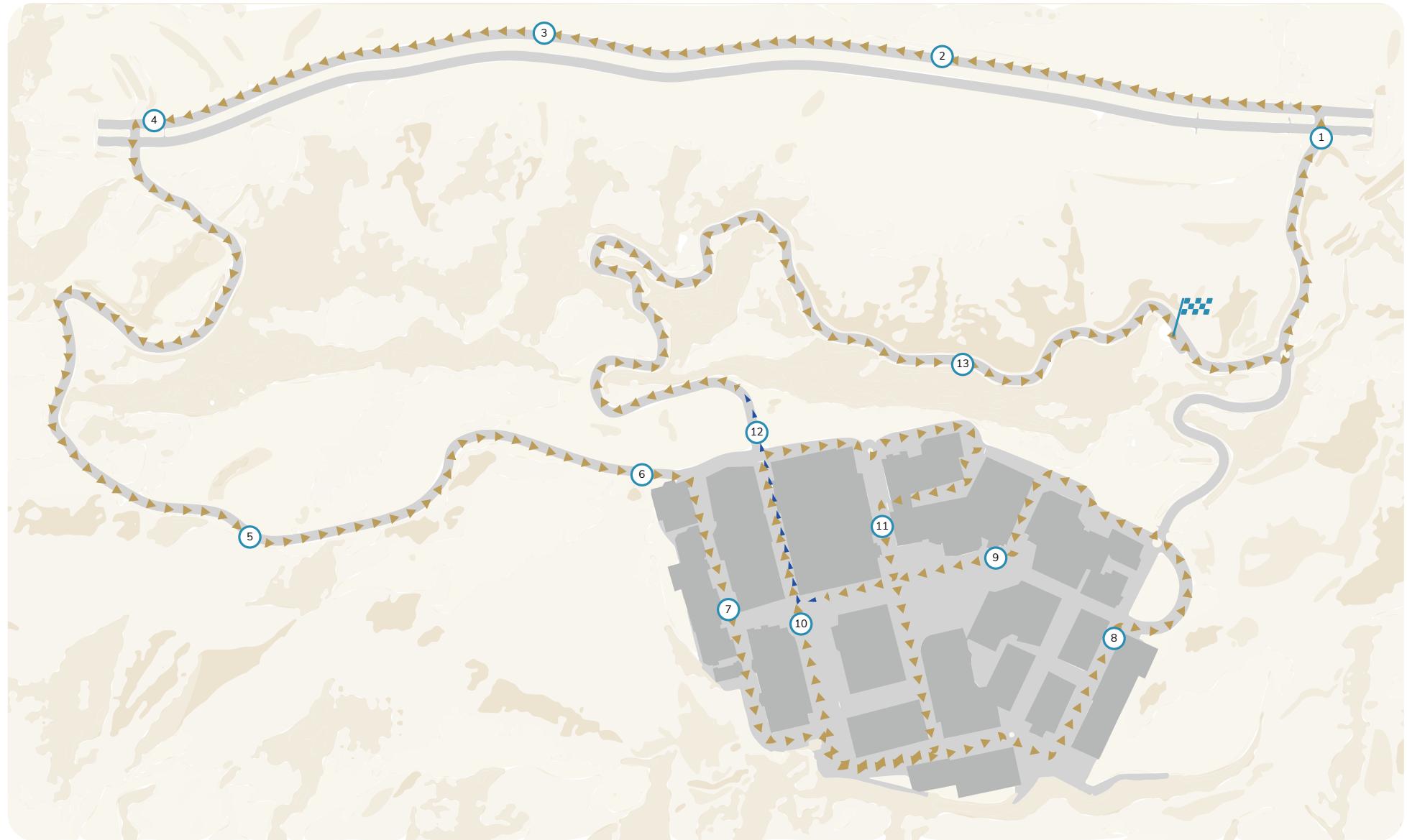
Al punto 5 si presenta un'altra TOR, il sistema di guida autonoma non è più disponibile a causa dell'impossibilità di leggere le linee sulla strada. Allo step 8, c'è una situazione di traffico intenso che fa rimanere l'auto ferma.

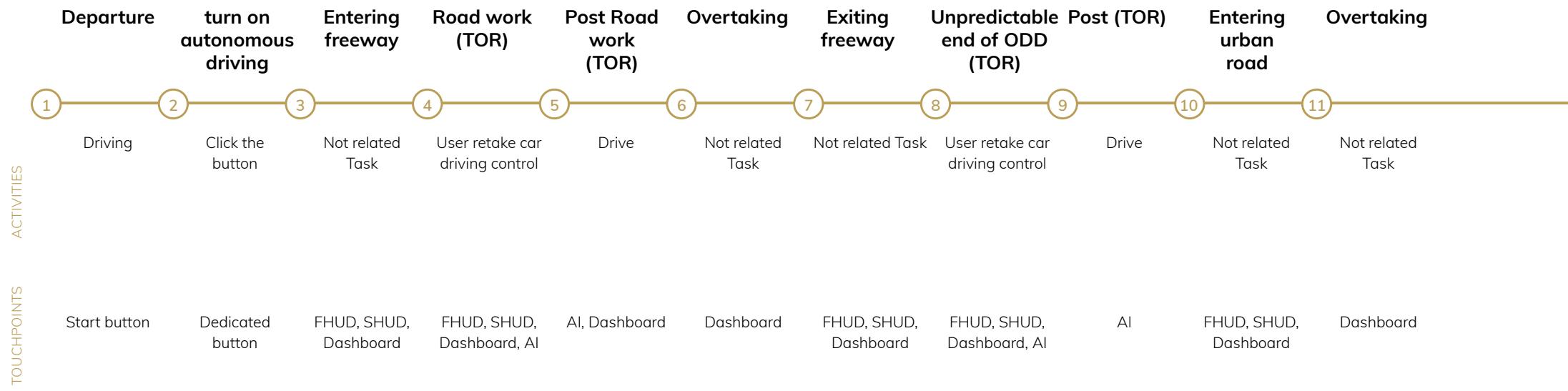
I punti 9 e 11, sono situazioni di alto stress, al veicolo viene tagliata la strada prima da un'auto nel primo caso e da un pedone nel secondo. Infine, allo step 13, all'autista viene richiesto di riprendere il controllo (TOR) perché c'è un malfunzionamento al sistema di guida autonoma che quindi non sarà più disponibile fino a quando non verrà eseguita la riparazione.

At points 1,4,6 and 12 the car enters and exits between the motorway, suburban environment and urban environment. At step 2, the driver faces a first take over request (TOR), or the driver will be required to regain control to overcome the work in progress; these situations are among the most incisive on the trust. At points 3 and 7, the car overtakes autonomously.

At point 5, another TOR appears, the autonomous driving system is no longer available due to the inability to read the lines on the road. At step 8, there is a situation of intense traffic that causes the car to remain stationary.

Points 9 and 11 are situations of high stress, the vehicle is cut off first by a car in the first case and by a pedestrian in the second. Finally, in step 13, the driver is asked to regain control (TOR) because there is a malfunction in the autonomous driving system which will therefore no longer be available until the repair is carried out.





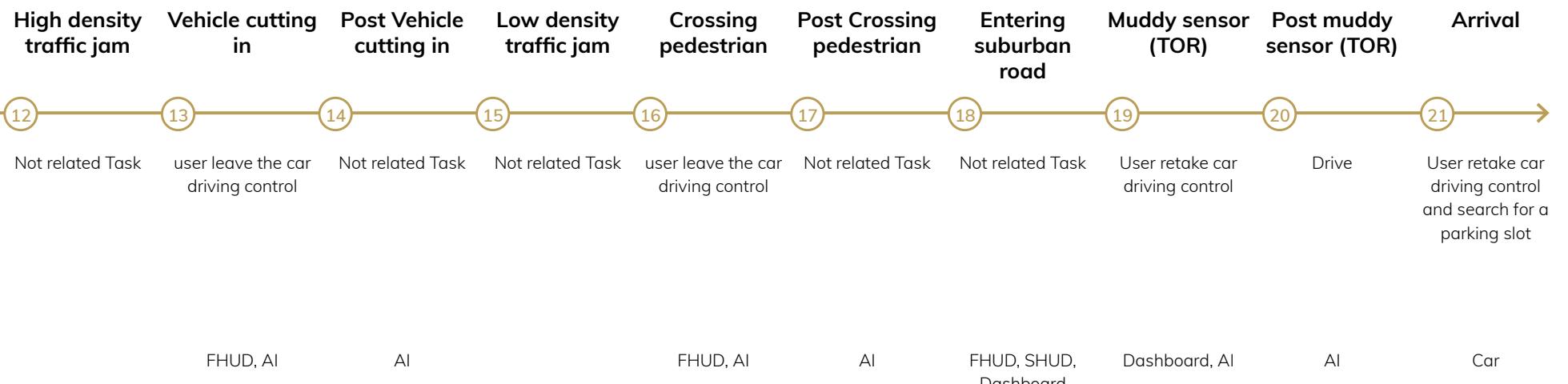
### Level of trust

GIORDANO

EMILY

NICOLA





# 06

## > Casi studio

Case studies

1  
2  
○

SECTION

## 6.1 Casi studio

### Case studies

In questo paragrafo presenteremo una serie di casi studio scelti tra automobili in commercio e concept. Si è analizzato il loro livello di guida autonoma, l'interfaccia e la sua relazione con l'utente, lo stile vivido e infine l'intelligenza artificiale.

*In this paragraph we will present a series of case studies chosen from commercially independent and concept. Their level of autonomous driving, the interface and its relationship with the user, the visual style and finally the artificial intelligence were analyzed.*

ŠKODA



CITROËN



Mercedes-Benz



HONDA



BMW



Cadillac



CHRYSLER



KIA



LUCID

NISSAN



PEUGEOT



TESLA



HYUNDAI



+

# Hyundai

MODEL

Ioniq 5

YEAR

2021

AUTONOMOUS LV.

Level 2

1  
SECTION  
2

## Characteristic

### COLORS

52B0B9



White



Grey



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

Dashboard: 3D

Secondary display: 2D Icons

## Interaction

Controls on the steering wheel  
Bluelink: control with smartphone or voice  
There is no AI



### > GENERAL INFORMATION

Design: Hyundai Design Team

Propulsion: Electric

Autonomy: 500km

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

A large display divided into two parts that reflect the main classic functions Cockpit and Multimedia

### > SECONDARY DISPLAY

Small HUD for speed, direction, limit

### > TRUST

Alert on mirrors

HUD: directions, cars referred to for cruise control



# Tesla

MODEL

X

YEAR

2015

AUTONOMOUS LV.

Level 2

1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Black



Grey



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

Dashboard: 3D

Secondary display: 2D Icons, 3D

## Interaction

AI basic, but it has no voice and only has short sonic feedback. To be activated with button

Touch interaction with tablet (secondary display) on the side



### > GENERAL INFORMATION

Design: Franz von Holzhausen

Propulsion: Electric

Autonomy: 536km

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

A large display divided into two parts that reflect the main classic functions Cockpit and Multimedia

### > SECONDARY DISPLAY

Car control, multimedia

### > TRUST

Sound alerts

Blue flashing section of screen

Red icon if no action is taken

Speed limit

Choice of distance from previous car

Autonomous driving symbol activated

3D view of what is happening around

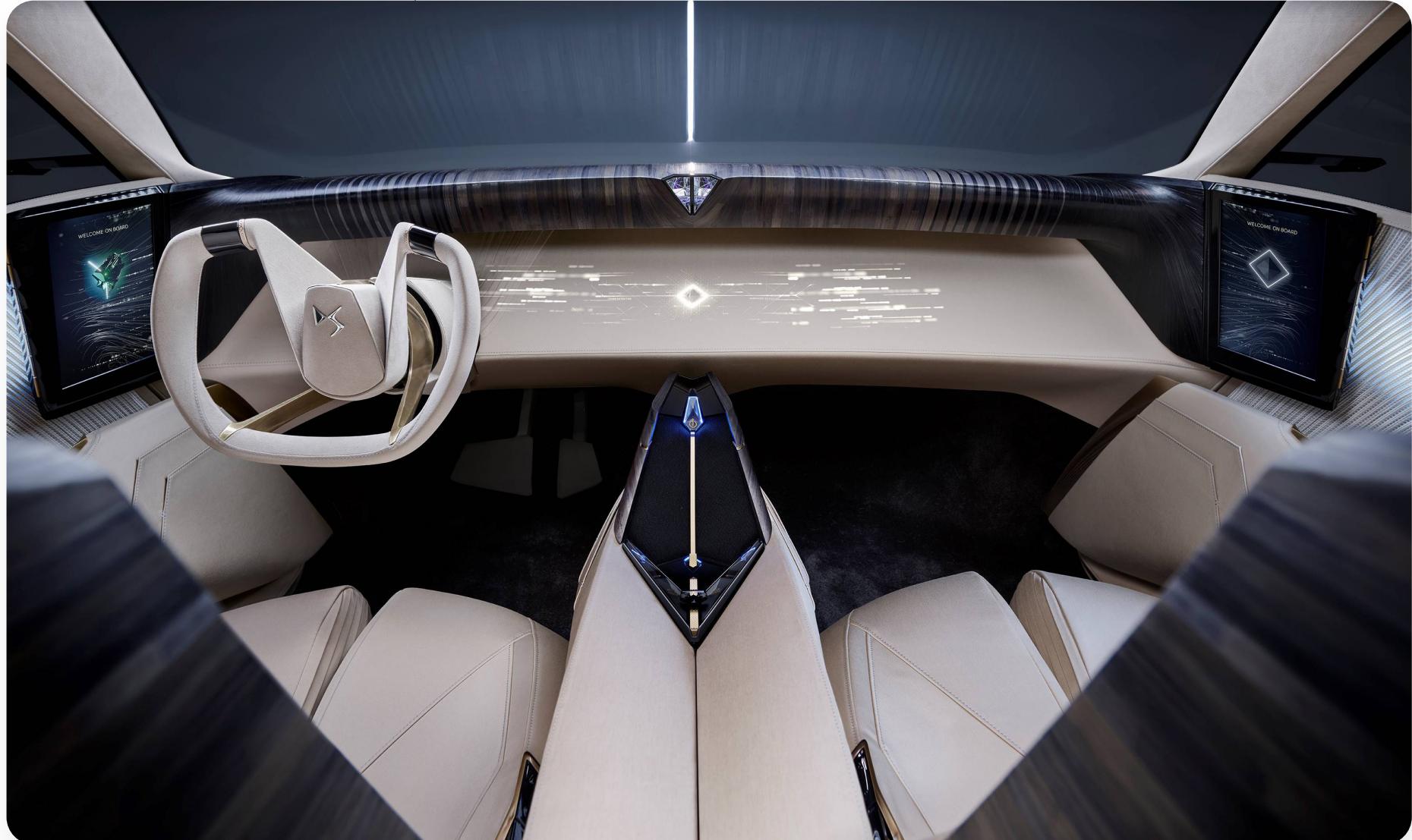


# Citroën

MODEL  
DS Aero

YEAR  
2020

AUTONOMOUS LV.  
Level 3



1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

FEFEF1



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Eliminating the limits of touch screens, elements needed for navigation or to discover new forms of infotainment and sharing.

Leap Motion and Ultrahaptics, the hand commands with a gesture and receives a sensory response.

IRIS, artificial intelligence



### > GENERAL INFORMATION

Design: DS Design Team

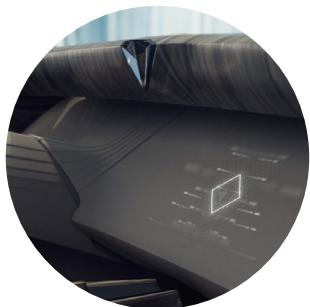
Propulsion: Electric

Autonomy: 650km

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

DS MATRIX LED VISION projectors are combined with daytime running lights and DS LIGHT VEIL

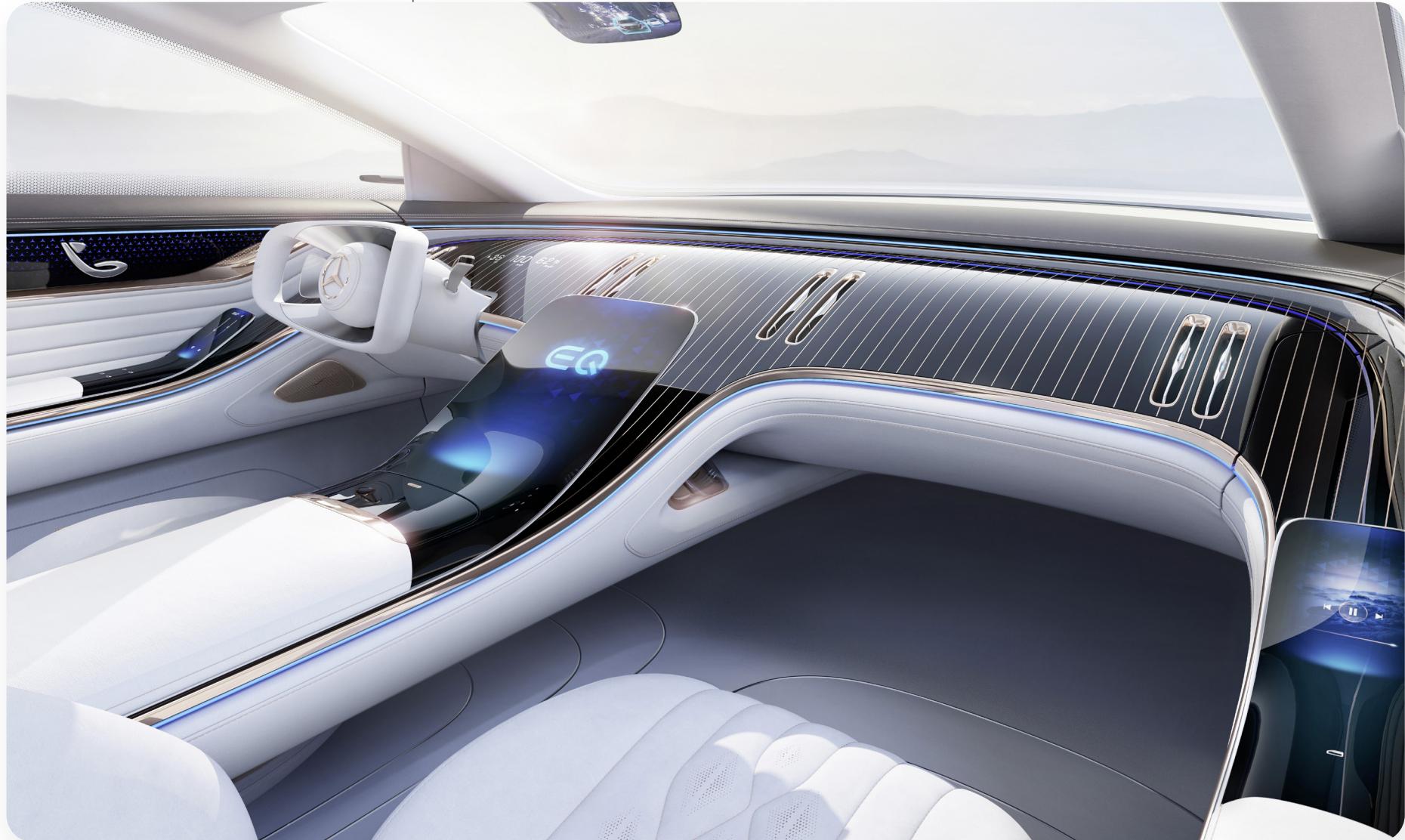


# Mercedes-Benz

MODEL  
Vision EQS

YEAR  
2019

AUTONOMOUS LV.  
Level 3



1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Blue



Black

### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Advanced MBUX across the entire surface  
Touch screen next to the driver  
Voice commands



### > GENERAL INFORMATION

Design: Gorden Wagener

Propulsion: Electric

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

Center side panel for the whole operations of the vehicle, two side display for the secondary functions (e.g. music, multimedia)



## Cadillac

MODEL

Innerspace

YEAR

2022

AUTONOMOUS LV.

Level 5

1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Light blue



White

### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Touch material on the doors for infotainment settings

Non-dedicated voice assistant

AI machine learning

AI-driven biometric input and interfaces, accessible via a large, immersive and panoramic SMD LED display

Select from Augmented Reality Engagement, Open in Google Translate



### > GENERAL INFORMATION

Design: Cadillac's design team

Propulsion: Electric

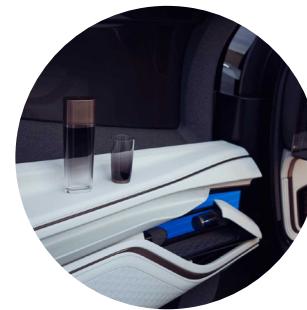
Segment: Luxury

### > MAIN DISPLAY

Augmented Reality Engagement, Entertainment and Wellness Recovery themes for their drive

### > TRUST

There is no steering wheel, trust at the maximum level



# Cadillac

MODEL

Lyriq

YEAR

2021

AUTONOMOUS LV.

Level 2

1  
SECTION  
2

## Characteristic

### COLORS

72BFE5



White



Grey



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D Icons

3D Background

## Interaction

Non-dedicated voice assistant (No AI) Touch display

Controls on the steering wheel (Autonomous driving, Cruise)

Controls on the "armrest" for display



### > GENERAL INFORMATION

Design: Candice Willett

Propulsion: Electric

Autonomy: 480km

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

A large multifunction display divided into 3 sections, secondary info, main info and menus / multimedia.

### > TRUST

3D view of the car

Steering wheel autonomous driving function led  
Obstacle alert



# Lucid

MODEL  
Air

YEAR  
2020

AUTONOMOUS LV.  
Level 2



1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Black



White



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D Icons

3D Background

## Interaction

Non-dedicated voice assistant (No AI)  
Touch display  
Steering wheel controls for infotainment  
modification



### > GENERAL INFORMATION

Design: Derek Jenkins

Propulsion: Electric

Autonomy: 650km

Segment: Sedan

### > MAIN DISPLAY

A large multifunction display divided into 3 sections, secondary info, main info and menus / multimedia.

### > TRUST

Mirror in video during use arrow (manual guide)

Driver monitoring

3D vision of what is around

Directional sound for Alerts



# Polestar

MODEL

2

YEAR

2019

AUTONOMOUS LV.

Level 2

SECTION  
1  
2

## Characteristic

### COLORS

DF8246



White

Black

### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D Icons

2D Icons

## Interaction

Non-dedicated voice assistant (No AI)  
Infotainment powered by Android automotive  
Touch interaction with tablet (secondary display)  
Steering wheel controls for general car functions



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Autonomy: 470km

Segment: berlina

### > MAIN DISPLAY

Classic cockpit

### > SECONDARY DISPLAY

Car control, multimedia

### > TRUST

Alert if you let go of the wheel

Sound alert

Ability to set the distance from the car in front

# Chrysler

MODEL

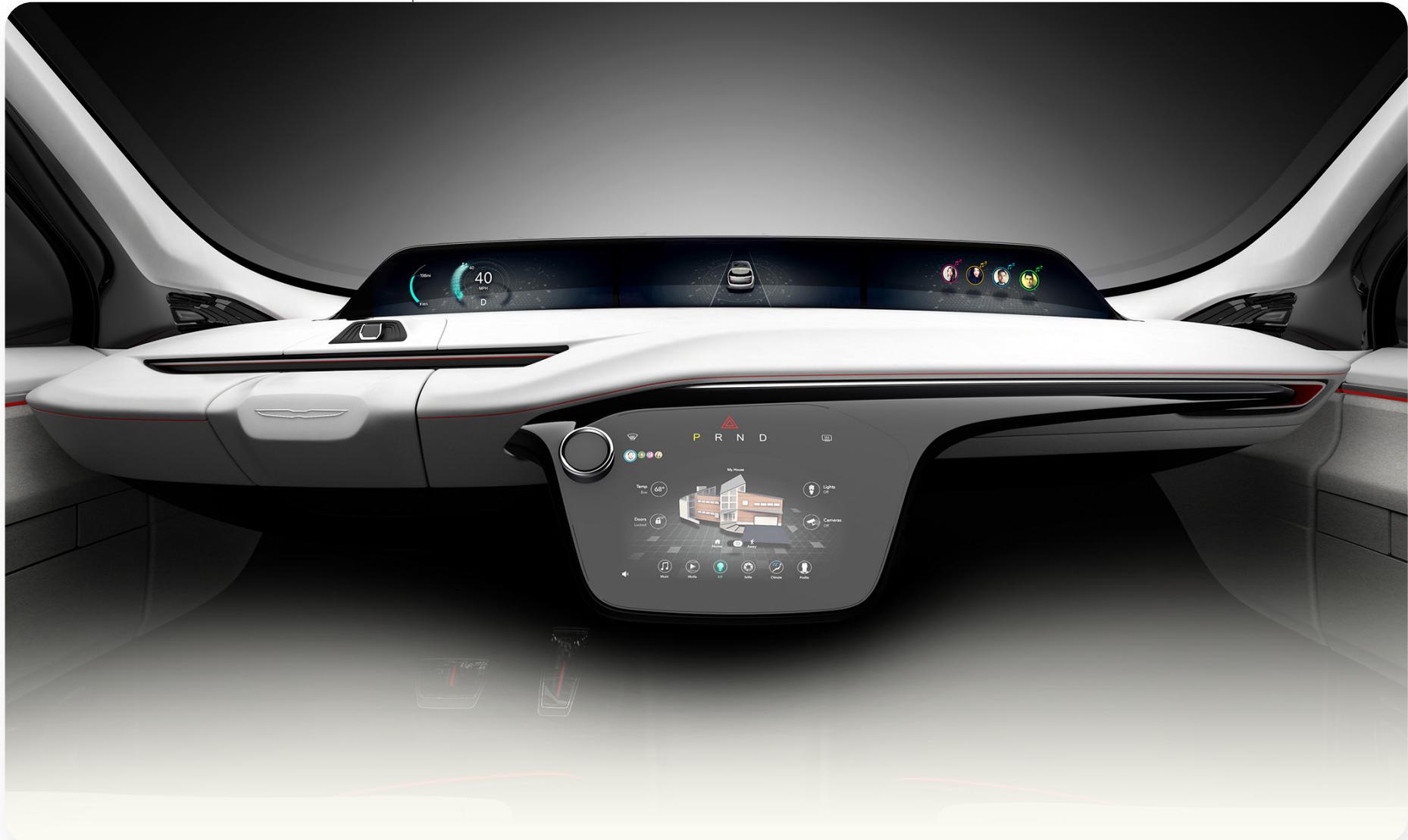
Portal

YEAR

2017

AUTONOMOUS LV.

Level 3/4

1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Red



Black



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Non-dedicated voice assistant (No AI) Face recognition and set the profile based on the user who uses the car (music, ambient light, temperature)



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Autonomy: 250 miles of range

Segment: Large family

### > MAIN DISPLAY

A large display divided into two parts that reflect the main classic functions Cockpit and Multimedia

### > TRUST

There are 360 ° cameras instead of mirrors, where they are shown on video



# Honda

MODEL

Legend

YEAR

2021

AUTONOMOUS LV.

Level 3



1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

White



Black



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

Analog

## Interaction

### Touch

Steering wheel controls for general car functions



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Oil

Segment: berlina

### > MAIN DISPLAY

Cockpit

### > SECONDARY DISPLAY

Multimedia, auto control

### > TRUST

Steering wheel lights

3D view of what is happening around  
Icon to take back control

Slight vibration of the steering wheel that  
communicates when to take control of the car

Colors to show which mode it is in

Sound alerts

# BMW

MODEL

iNext

YEAR

2021

AUTONOMOUS LV.

Level 3

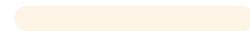
1  
2

SECTION

## Characteristic

### COLORS

Skin brown



Blue details



Black



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Shy Tech: materiale touch  
Gestures/touch on the surface beside the driver



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Autonomy: 373 miles of range

Segment: standard SUV

### > MAIN DISPLAY

Divided in two main sections, first one with the map or the selected feature. The other half of the screen with the options to choose

### > SECONDARY DISPLAY

mall 3D map HUD



Kia

MODEL  
EV9YEAR  
2021AUTONOMOUS LV.  
Level 31  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Blue



Black

### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D Icons

3D glassmorphism

## Interaction

Touch screen  
Voice commands, AI  
Dashboard with touch icons  
Steering wheel with general car controls



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Segment: SUV

### > MAIN DISPLAY

Long dashboard divided in two main parts, on the left shows the car information and on the right the menu with multimedia. 27 inch ultra-wide display

### > SECONDARY DISPLAY

Controllo auto, multimedia



# Nissan

MODEL  
IDS

YEAR  
2015

AUTONOMOUS LV.  
Level 3



1  
2  
SECTION

## Characteristic

### COLORS

Violet



Black

### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

## Interaction

Touch

Voice commands  
Artificial intelligence



App



Voice



Touch

### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Segment: Sub-compact

### > MAIN DISPLAY

A large multifunction display divided into 3 sections, secondary info, main info and menus / multimedia.



# Peugeot

MODEL

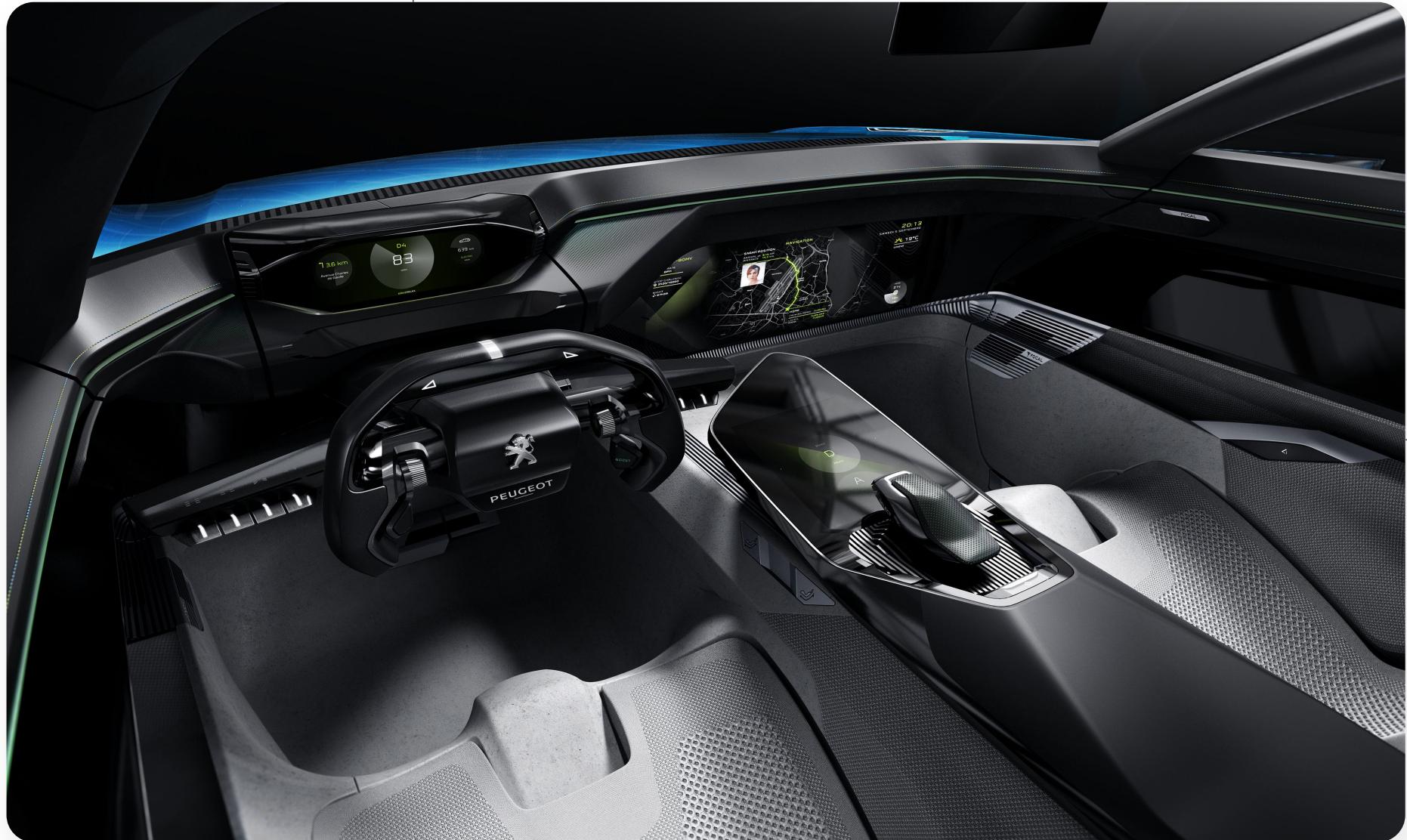
Instict

YEAR

2017

AUTONOMOUS LV.

Level 3/4

1  
SECTION  
2

## Characteristic

### COLORS

Green



Light blue



Black



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D/3D Icons

LED lights

## Interaction

Long dashboard and touch screen next to the driver

Voice commands, AI

Steering wheel with general car controls

Touch through a device on the side of the driver



App



Voice



Touch

### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric

Segment: MID compact

### > MAIN DISPLAY

Panoramic screen that shows the map and other multimedia information

### > SECONDARY DISPLAY

Holographic display per mappa informazioni generali del veicolo

### > TRUST

3D view of the car

Steering wheel autonomous driving function led  
Obstacle alert



Škoda

MODEL  
Vision iVYEAR  
2019AUTONOMOUS LV.  
Level 3/41  
SECTION  
2

## Characteristic

### COLORS

Light green  
Black



### TYPEFACE

Bastoni

### VISUAL LANGUAGE

2D Icons

## Interaction

Touch  
Voice commands  
Artificial intelligence



### > GENERAL INFORMATION

Propulsion: Electric  
Autonomy: 500km  
Segment: crossover

### > MAIN DISPLAY

Long dashboard for multimedia and entertainment

### > SECONDARY DISPLAY

Display that shows the general information of the vehicle



## 6.2 Architettura dell'interfaccia

### Interaction architecture

Dopo l'analisi dei casi studio è stato notato come la presenza di display di grandi dimensioni per l'intrattenimento dei passeggeri stia diventando una caratteristica preponderante nel mercato automobilistico, ancora di più nelle auto a guida autonoma. Basta citare la concept car Cadillac Innerspace dove la parte del cruscotto è interamente occupata da uno schermo che si estende per tutta la parte frontale.

Abbiamo quindi voluto mettere al centro della nostra interfaccia un grande display, di fronte allavisuale del guidatore, permettendogli di muovere al minimo lo sguardo in caso di necessità. Con questa idea abbiamo sviluppato l'interfaccia principalmente secondo l'asse del guidatore, ipotizzando degli schermi secondari per i passeggeri.

L'interfaccia si struttura, dal basso verso l'alto, con un display chiamato Long Dashboard all'altezza del vecchio cruscotto sopra, sul parabrezza, un AR-HUD fisso chiamato Static HUD e un AR-HUD che va ad aumentare ed evidenziare le informazioni date dalla strada, chiamato Following HUD.

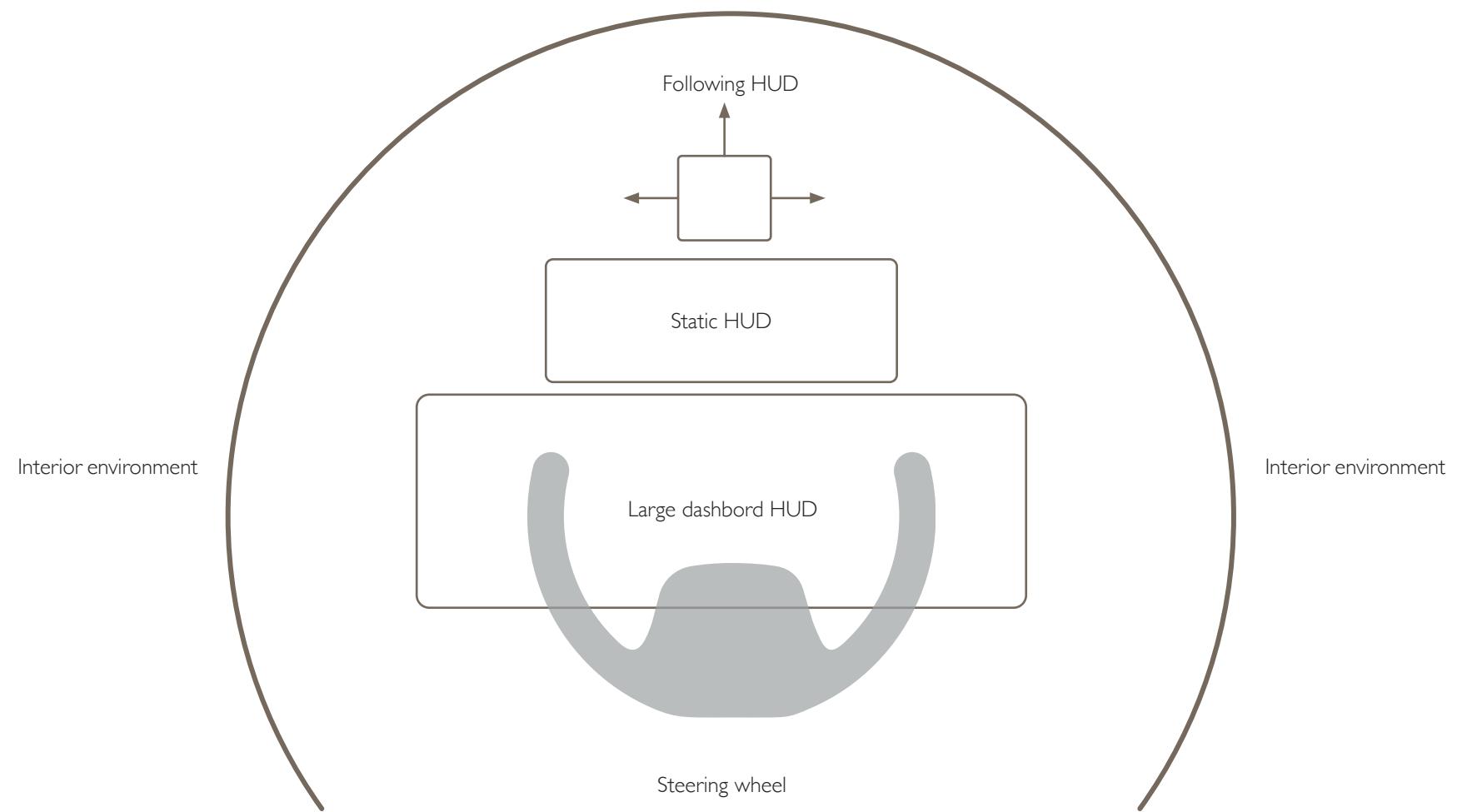
Infine sono state ipotizzate delle luci ambientali all'interno dell'autoveicolo per aiutare il guidatore a capire la situazione senza bisogno di spostare completamente lo sguardo.

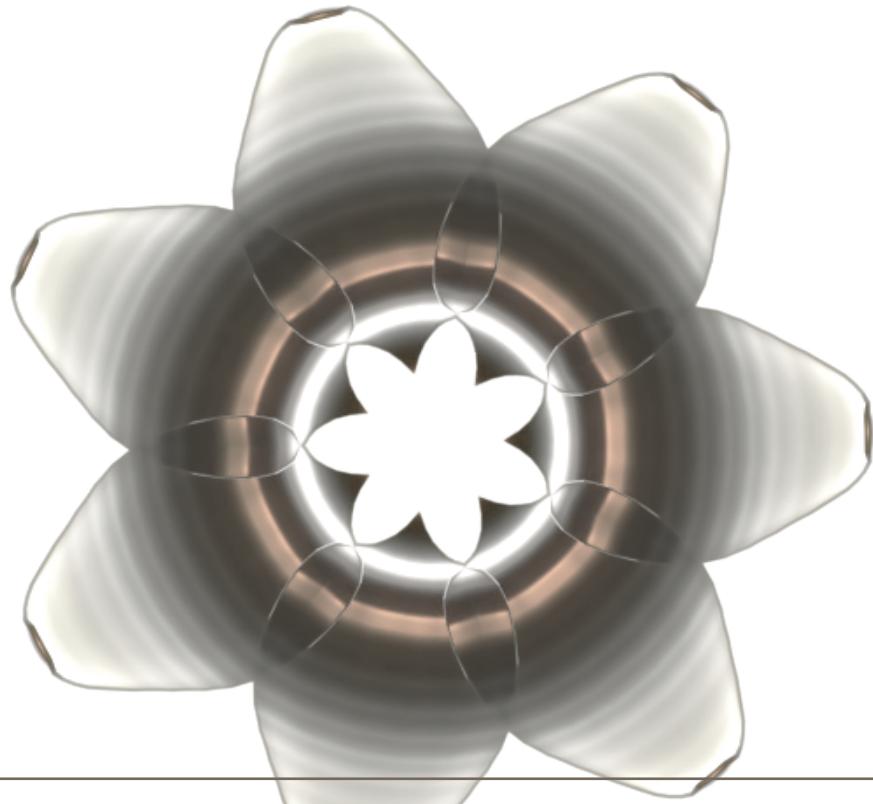
*After analyzing the case studies, it was noted that the presence of large displays for passenger entertainment is becoming a predominant feature in the automotive market, even more so in self-driving cars. To mention the Cadillac Innerspace concept car where the part of the dashboard is entirely occupied by a screen that extends across the front.*

*We therefore wanted to place a large display at the center of our interface, facing the driver's view, allowing him to move his gaze to a minimum in case of need. With this idea, we developed the interface mainly according to the driver's axis, assuming secondary screens for passengers.*

*The interface is structured, from bottom to top, with a display called Long Dashboard at the height of the old dashboard above, on the windshield, a fixed AR-HUD called Static HUD and an AR-HUD that increases and highlights the information given by the street, called Following HUD.*

*Finally, ambient lights inside the vehicle help the driver understand the situation without having to completely shift his gaze.*





In questa sezione racconteremo il progetto in ogni sua parte. Vengono descritte la UX e UI delle interfacce progettate per la guida autonoma e parleremo della nostra intelligenza artificiale Daisy, di come funziona e di come si anima. Quest'ultima ha la funzione di assistere il l'utente durante le fasi di guida e rassicurarlo. Le interfacce sono divise in 3 parti: la prima è il Following HUD, situata sul parabrezza è un AR-HUD che ha la funzione di richiamare l'attenzione del guidatore, la seconda Static HUD; che chiameremo Long Dashboard.

## SECTION 3

*In this section we will talk about the project in all its parts. The UX and UI of interfaces designed for autonomous driving are described and we will talk about our artificial intelligence Daisy, how it works and how it animates. The latter has the function of assisting the user during the driving phases and reassuring him. The interfaces are divided into 3 parts: the first is the Following HUD, located on the windshield is an AR-HUD that has the function of drawing the driver's attention, the second Static HUD; which we will call Long Dashboard.*

01

## Daisy

// aritificial intelligence

02

## Interfaccia

// interface

# 07

## > DAISY

Autonomous Drive Artificial Intelligence System

1  
2  
3

SECTION

“ Ciao, sono Daisy, l'intelligenza artificiale di questo veicolo. Ti aiuterò durante la tua esperienza. Buon viaggio! ”

“ Hi, I'm Daisy, the artificial intelligence of this vehicle. I will help you during your experience. Have a nice journey! ”

# Mi presento

I introduce myself

Mi chiamo Daisy e nasco come supporto pratico e morale all'utente. Il mio scopo è quello di umanizzare la vettura e di conseguenza il rapporto di fiducia tra uomo e macchina aumenta.

Il mio nome è in realtà un acronimo:

**A.D.A.I.Sy**

**Autonomous Drive Artificial Intelligence System**

semplificato in Daisy per dare un nome comune con cui rapportarsi.

*My name is Daisy and I was born as a practical and moral support to the user. My aim is to humanize the car and consequently the relationship of trust between man and machine increases.*

*My name is actually an acronym:*

**A.D.A.I.Sy**

**Autonomous Drive Artificial Intelligence System**

*simplified to Daisy to give a common name to relate to.*

# Personalità

Personality

Per la personalità di Daisy si è deciso di orientarsi su un immaginario comune delle intelligenze artificiali. Ovvero la caratteristica di comportarsi e di rapportarsi molto supportivo e volenterosa e felice di aiutare, cercando sempre di collaborare e di non impartire ordini. Daisy è anche affidabile, meticolosa e attenta in quanto fa e soprattutto lo fa trasparire senza risultare vanitosa.

Inoltre, una delle caratteristiche che riteniamo più importante della sua personalità è l'empatia. Daisy deve essere empatica, percepire lo stato d'animo e la personalità dell'utente per poter affrontare i dialoghi nella maniera migliore per risultare affidabile.

*For Daisy's personality it was decided to focus on a common imaginary of artificial intelligences. That is the characteristic of behaving and relating very supportive and willing and happy to help, always trying to collaborate and not to give orders. Daisy is also reliable, meticulous and attentive in what she does and above all she shows it without being vain.*

*Furthermore, one of the characteristics that we consider most important of her personality is empathy. Daisy must be empathetic, perceive the mood and personality of the user in order to be able to deal with the dialogues in the best way to be reliable.*

# Comportamento

## Features

Come preannunciato prima, abbiamo voluto dare a Daisy una caratteristica particolare, l'empatia. Questa le dovrebbe permettere di adattarsi agli utenti con cui interagisce, rendendola più credibile, più affidabile e più apprezzata dagli utenti che si ritroveranno a interloquire con una personalità adatta alla propria. Ipotizziamo quindi che Daisy possa cambiare il modo di parlare, ad esempio dando del tu o del lei; possa cambiare il contenuto delle proprie frasi aggiungendo informazioni o semplificando il concetto in base all'utente.

Con lo schema successivo spiegheremo come avvien-ne. N.d.A. Per spiegare lo schema useremo il nome Daisy anche per indicare l'intera automobile .

Daisy guiderà e prenderà decisioni riguardo alla guida attraverso le informazioni “nel cloud” (fattori indiretti) e le informazioni captate attraverso i sensori (fattori diretti) per la guida autonoma; immagazzinati ed elaborati forniranno uno stile di guida.

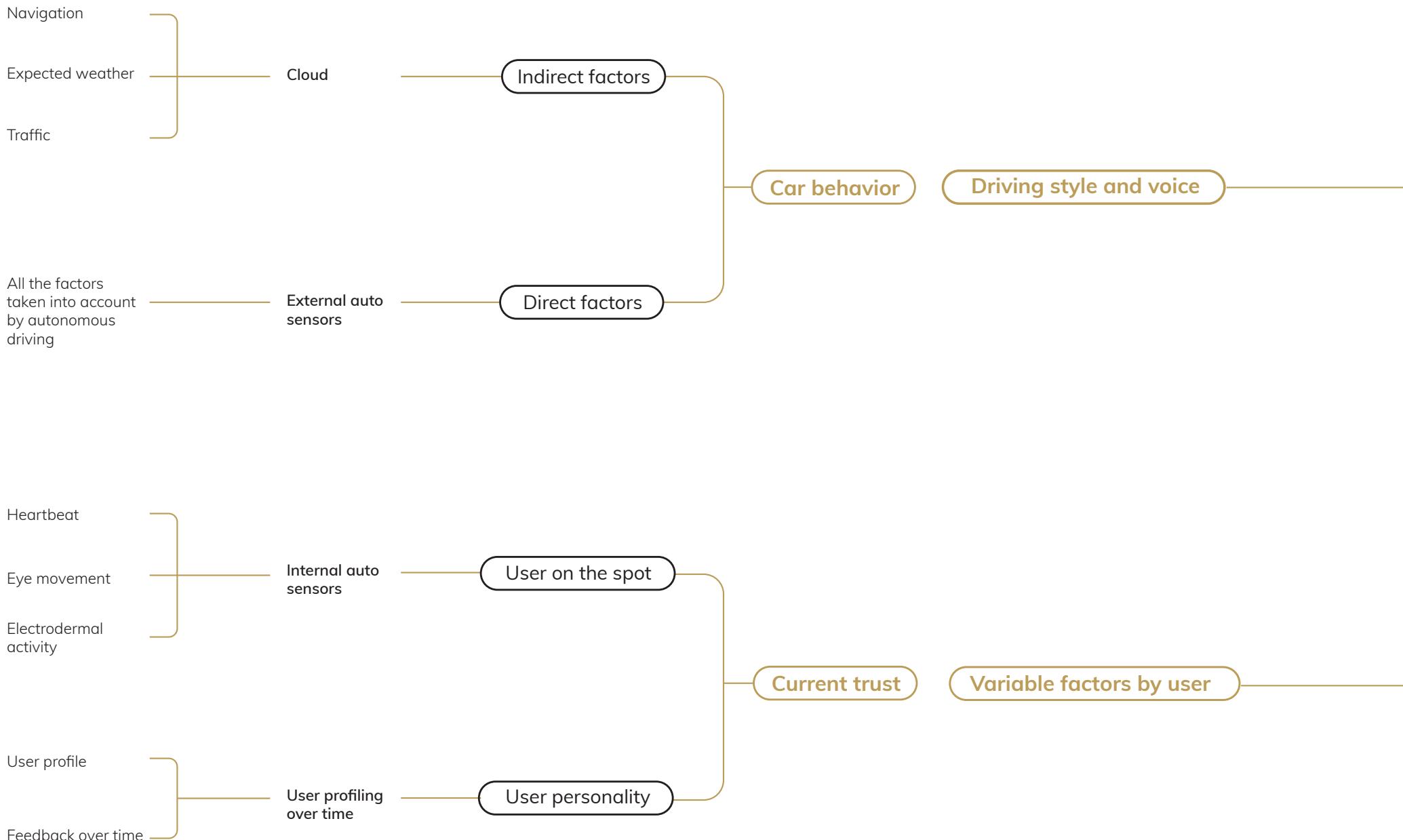
Daisy inoltre percepirà lo stato d'animo dell'utente attraverso dei parametri: movimento degli occhi, battito cardiaco e attività elettrodermica. Con l'incrocio di questi fattori e con la profilazione dell'utente avvenuta nel tempo, Daisy potrà capire lo stato di fiducia dell'autista e modificare di conseguenza il suo comportamento, definito da voce e stile di guida.

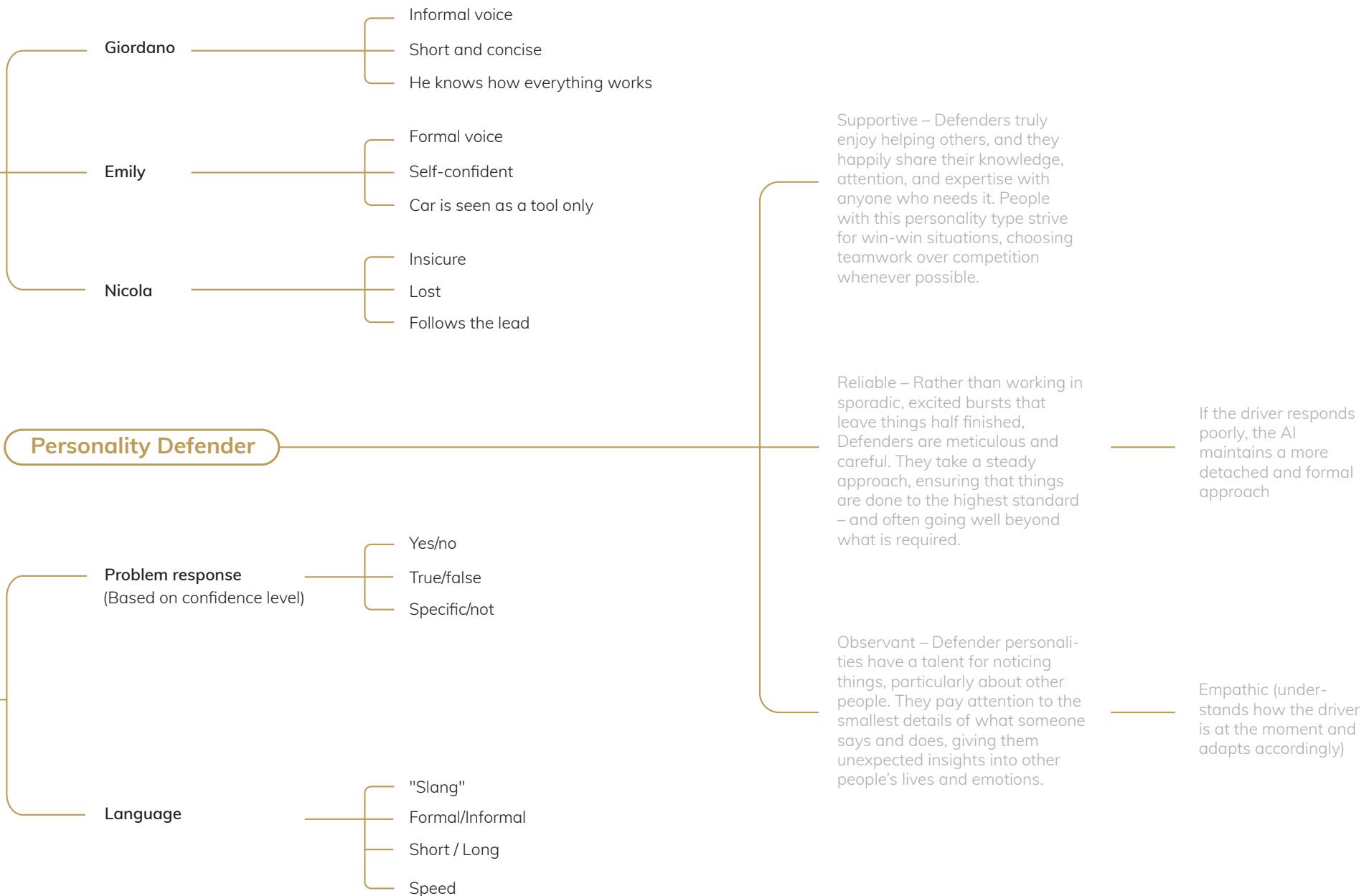
*As previously announced, we wanted to give Daisy a particular characteristic, empathy. This should allow it to adapt to the users with whom it interacts, making it more credible, more reliable and more appreciated by users who will find themselves talking with a personality suited to their own. We therefore assume that Daisy can change the way of speaking, for example by giving the you or the her; can change the content of their sentences by adding information or simplifying the concept according to the user.*

*With the next diagram we will explain how this happens. N.d.A. To explain the scheme we will also use the name Daisy to indicate the entire car.*

*Daisy will guide and make decisions about driving through information “in the cloud” (indirect factors) and information captured through sensors (direct factors) for autonomous driving; stored and processed will provide a driving style.*

*Daisy will also perceive the user's state of mind through parameters: eye movement, heartbeat and electrodermal activity. By combining these factors and with the user profiling over time, Daisy will be able to understand the driver's state of trust and consequently modify his behavior, defined by his voice and driving style.*





# Moodboard

1  
2  
3

SECTION





# Icona

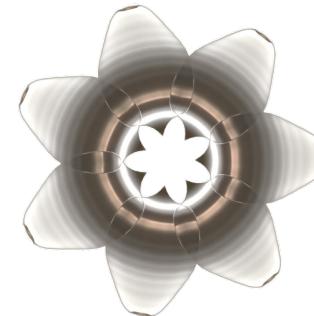
## Icon

Per la rappresentazione grafica di Daisy abbiamo fatto riferimento alla margherita. Infatti la sua forma ricorda un bocciolo: lo stato antecedente alla schiusura di un fiore. Per questo motivo, la sua sagoma chiusa comunica che Daisy è ancora disattiva (fig. 1).

L'attivazione dell'intelligenza artificiale viene comunicata tramite il movimento di apertura dei petali, che rappresentano anche la vibrazione della sua voce (fig. 2). Questa animazione può variare di velocità, in base all'intensità del dialogo.



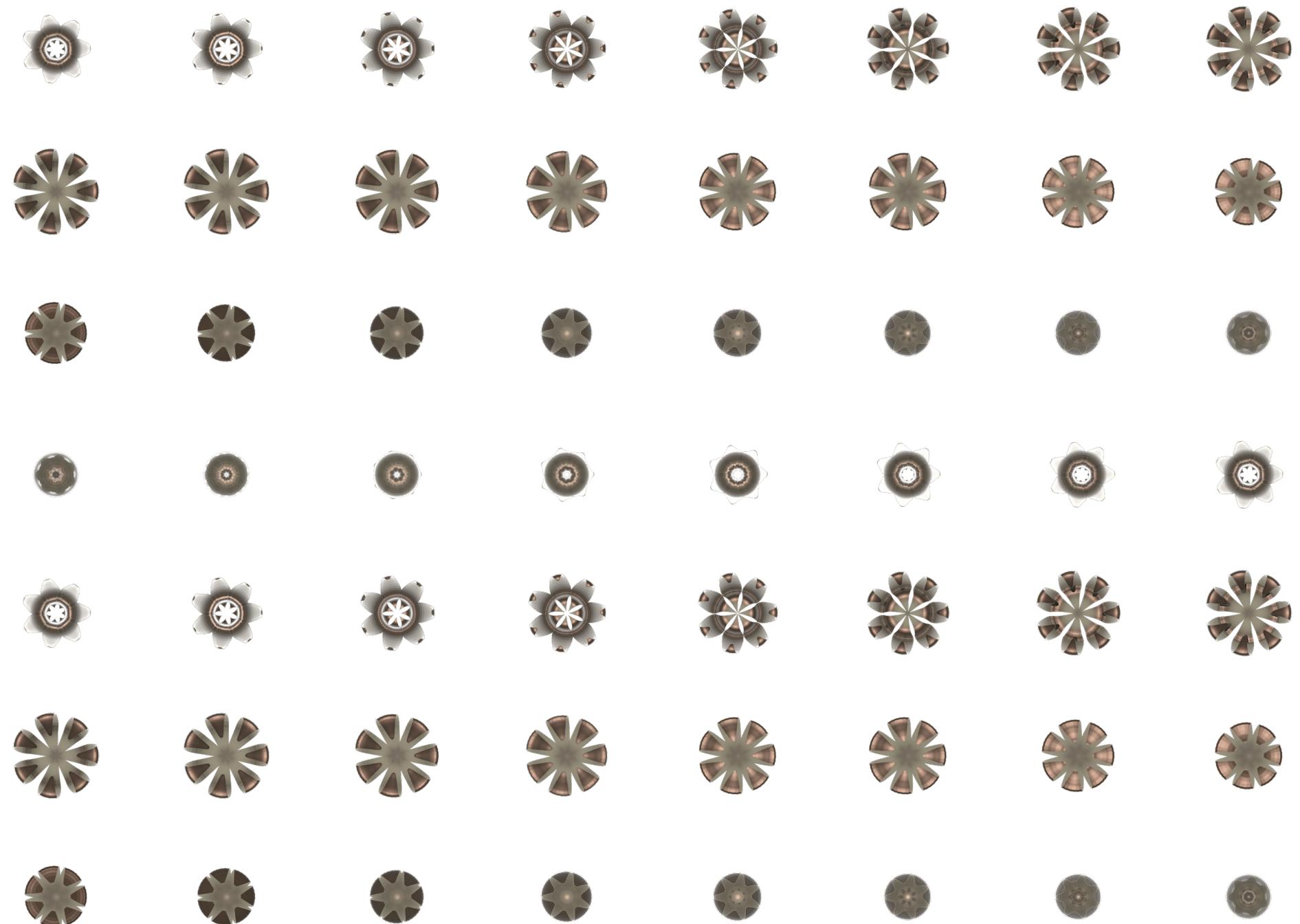
**DISACTIVATED**  
*Figure 1*



**ACTIVE**  
*Figure 2*

*For the graphic representation of Daisy we have referred to the flower. In fact, its shape resembles a bud: the state prior to the opening of a daisy. For this reason, its closed shape communicates that Daisy is still inactive (fig. 1).*

*The activation of the artificial intelligence is communicated through the opening movement of the petals, which also represent the vibration of her voice (fig. 2). This animation can vary in speed, based on the intensity of the dialogue.*



# Guida autonoma inserita

Autonomous driving activated

In aggiunta alla forma base di Daisy, ci sarà un core che comunica all'autista quando la guida autonoma è inserita.

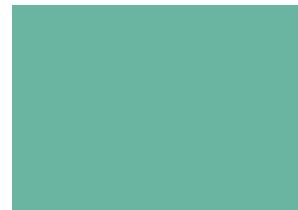
L'icona centrale cambia colore:

- > colore verde lampeggiante: quando è possibile attivare la guida autonoma
- > verde con luce fissa: guida autonoma attiva
- > rosso: guida autonoma

*In addition to the basic form of Daisy, there will be a core that communicates to the driver when autonomous driving is engaged.*

*The central icon changes color:*

- > flashing green color: when autonomous driving can be activated*
- > steady green: autonomous driving active*
- > red: autonomous driving*



**CMYK:** 62 · 7 · 43 · 0

**RGB:** 105 · 180 · 161

**LAB:** 68 · -28 · 2

**HSB:** 165 · 42 · 71

**#HEX:** 69B4A1



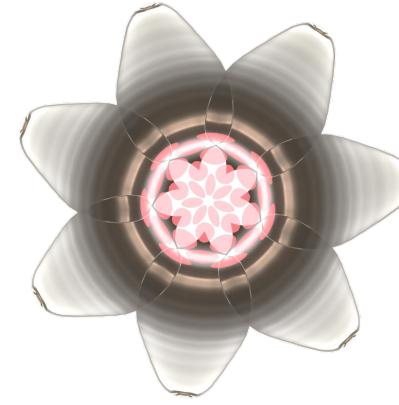
**CMYK:** 0 · 65 · 36 · 0

**RGB:** 239 · 120 · 129

**LAB:** 65 · 47 · 17

**HSB:** 355 · 50 · 94

**#HEX:** EF7881

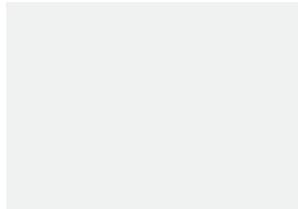


# Colori

Colors

1  
2  
3

SECTION



**CMYK:** 7 · 4 · 5 · 0  
**RGB:** 240 · 242 · 242  
**LAB:** 95 · -2 · 0  
**HSB:** 180 · 1 · 95

**#HEX:** F0F2F2



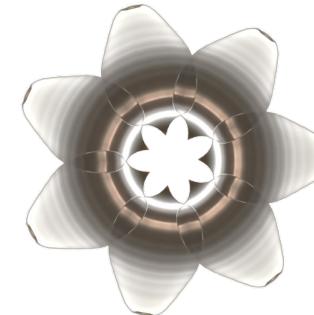
**CMYK:** 62 · 7 · 43 · 0  
**RGB:** 105 · 180 · 161  
**LAB:** 68 · -28 · 2  
**HSB:** 165 · 42 · 71

**#HEX:** 908266



**CMYK:** 5 · 22 · 42 · 0  
**RGB:** 242 · 205 · 160  
**LAB:** 85 · 8 · 27  
**HSB:** 33 · 34 · 95

**#HEX:** F2CDA0

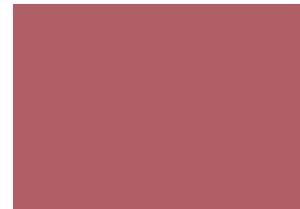


# Variazione colore emozioni

Emotions color change

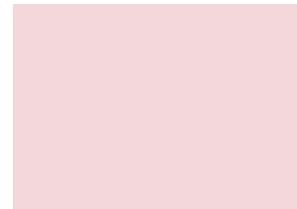
Quando ci sarà una situazione di pericolo, Daisy avvertirà il guidatore usando la voce e cambiando il suo colore base da oro a rosso.

*When there is a dangerous situation, Daisy will warn the driver by using her voice and changing her base color from gold to red.*



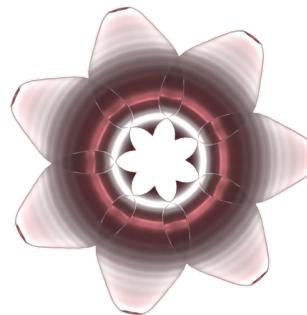
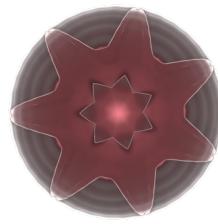
**CMYK:** 5 · 22 · 42 · 0  
**RGB:** 242 · 205 · 160  
**LAB:** 85 · 8 · 27  
**HSB:** 33 · 34 · 95

**#HEX:** F2CDA0



**CMYK:** 62 · 7 · 43 · 0  
**RGB:** 105 · 180 · 161  
**LAB:** 68 · -28 · 2  
**HSB:** 165 · 42 · 71

**#HEX:** 908266



# 08

## > Interfaccia

Interface

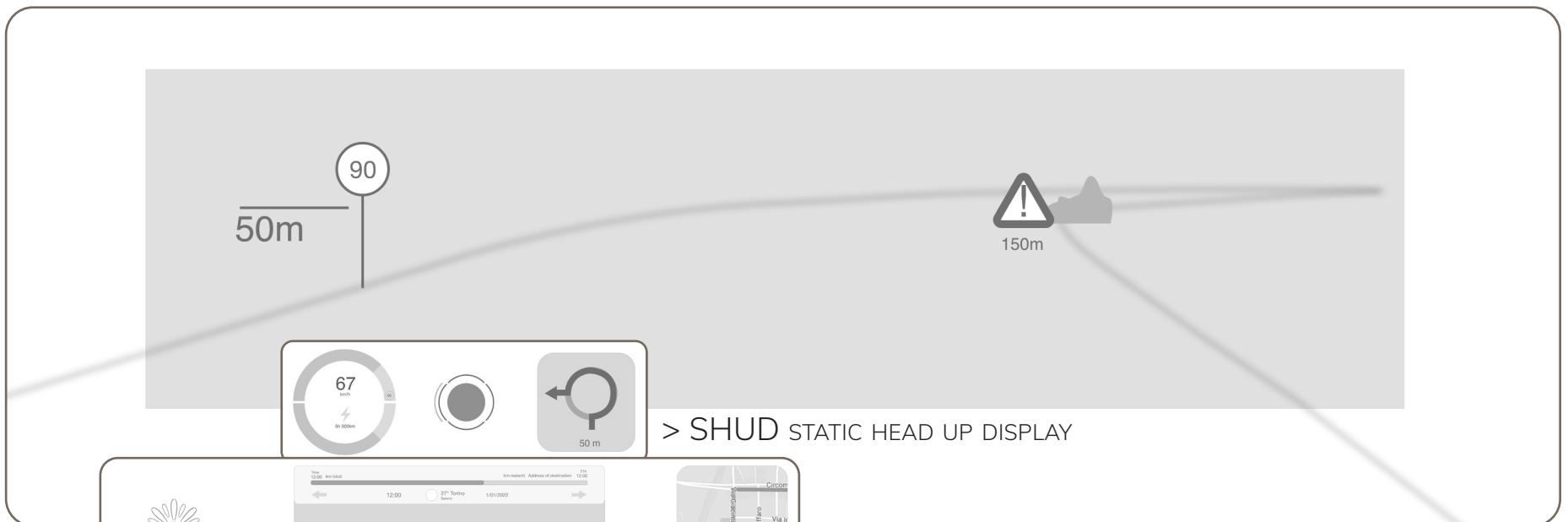
1  
2  
3

SECTION

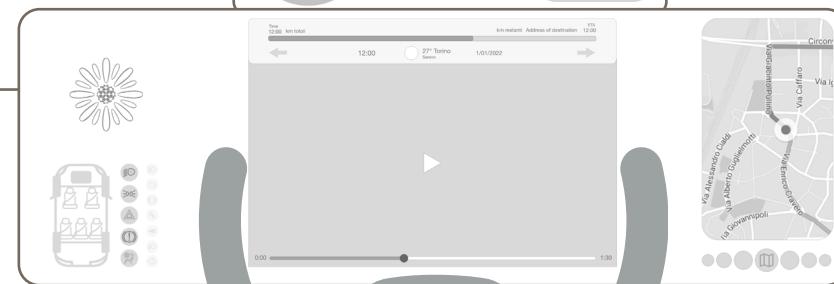
# Componenti

Components

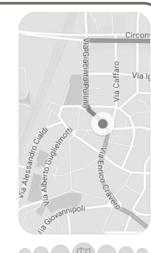
> FHUD FOLLOWING HEAD UP DISPLAY



> SHUD STATIC HEAD UP DISPLAY



> LARGE DASHBOARD





## FHUD following head up display

Il Following HUD è un AR-HUD che ha la funzione di richiamare l'attenzione del guidatore, verso i pericoli (auto/ostacoli) o avvertirlo che l'auto cambierà stile di guida in base alla zona o al limite di velocità. Utilizzando un'iconografia dedicata e comunicando la distanza distanza dal soggetto.

*The following HUD is an AR-HUD that has the function of calling the driver's attention to dangers (cars / obstacles) or warning that the car will change the driving style according to the zone or the speed limit. Using a dedicated iconography and communicating the distance from the subject.*

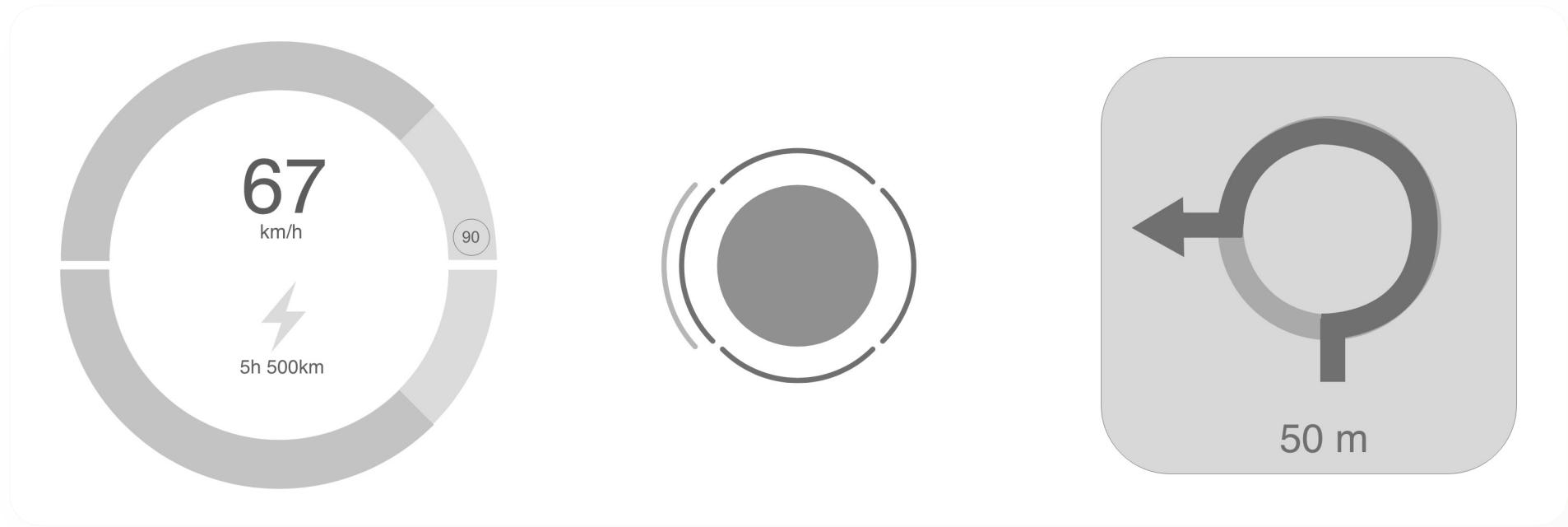
### COMPONENTS

> ha una zona di funzione delimitata dal parabrezza; più il soggetto è lontano più l'icona è piccola, avvicinandosi si ingrandisce entro un range;

> evidenzia la situazione di pericolo, i cartelli di cambio limite di velocità e la cartellonistica di itinerario.

> has a functional area delimited by the windscreen; the farther the subject is, the smaller the icon is, as it gets closer it enlarges within a range;

> highlights the danger, speed limit signs and itinerary signs.



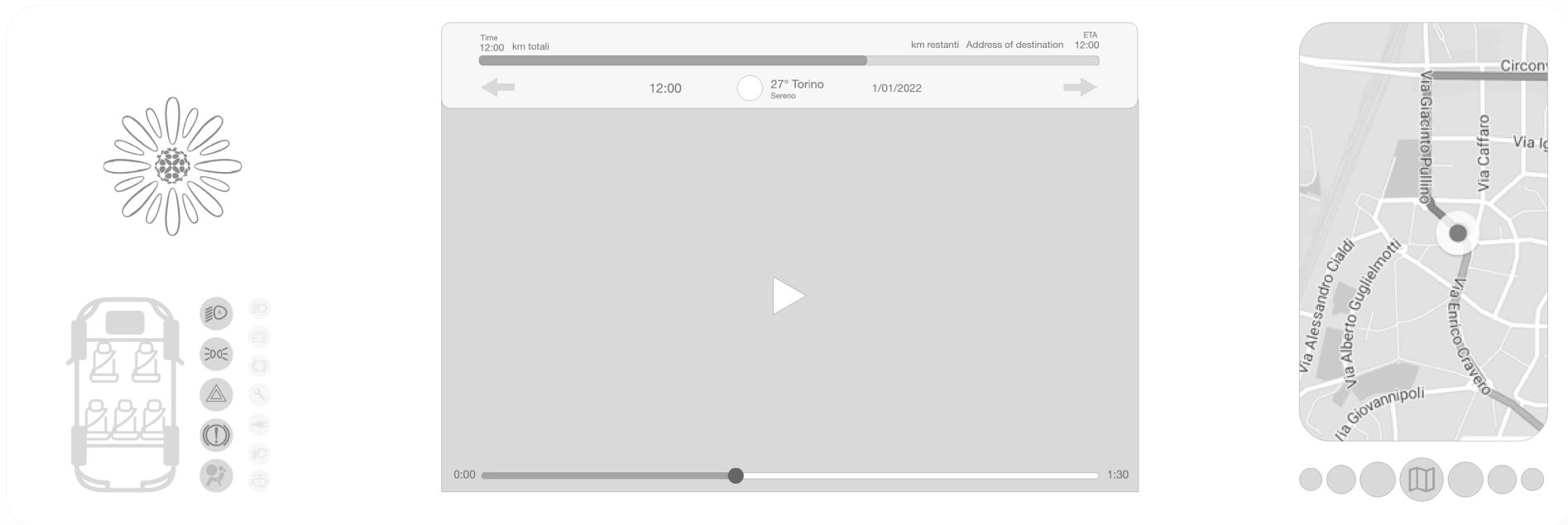
## SHUD static head up display

Lo static HUD ha la funzione di tenere aggiornato il guidatore attraverso informazioni quantitative. L'interfaccia è divisa in 3 zone principali.

*The static HUD has the function of keeping the driver updated through quantitative information. The interface is divided into 3 main areas.*

### COMPONENTS

- > la velocità attuale (a sx);
- > il limite di velocità (a sx);
- > l'autonomia del veicolo (a sx);
- > la situazione circostante (in centro);
- > la prossima indicazione stradale (destra).
  
- > the current speed (on the left);
- > the speed limit (on the left);
- > the autonomy of the vehicle (left);
- > the surrounding situation (in the center);
- > the next road sign (right).



## Long Dashboard

La Long Dashboard è l'interfaccia che contiene i NDRT (Not Drive Related Task) come, ad esempio, l'Infotainment del veicolo, l'assistente di guida Daisy, la mappa di navigazione, applicazioni per lo svago.

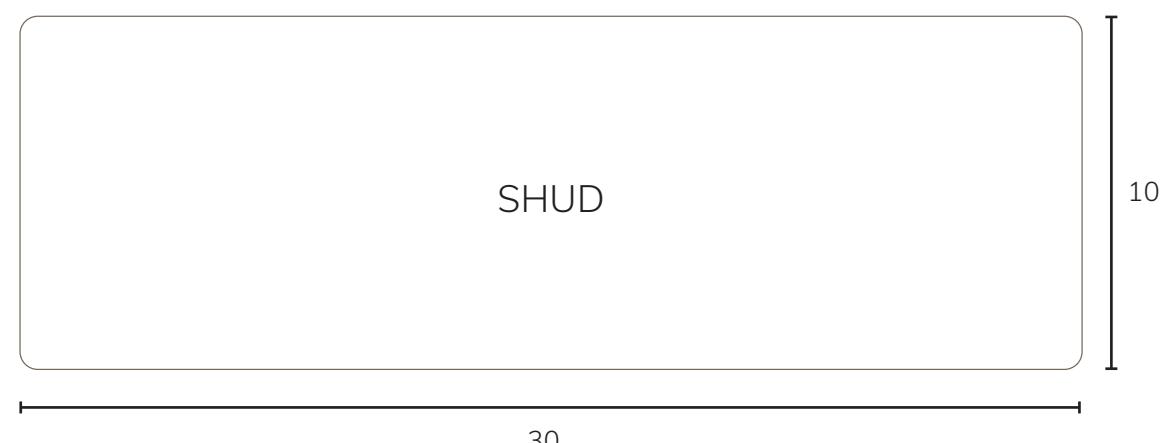
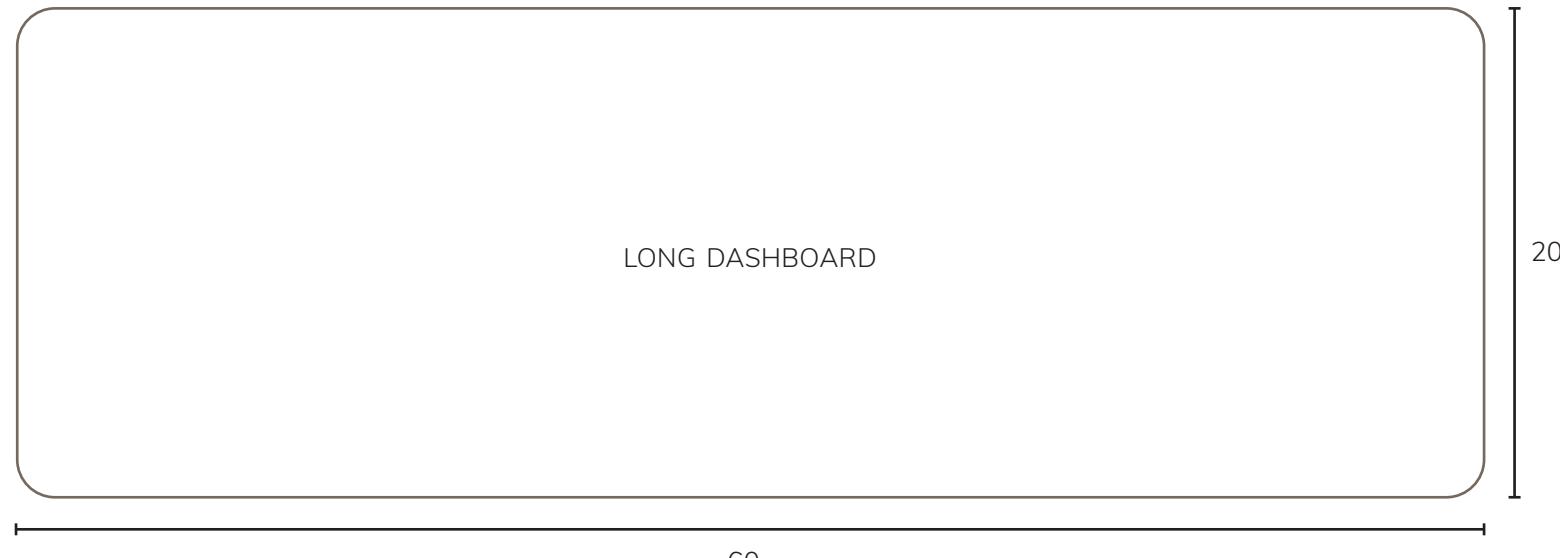
*The large Dashboard is the interface that contains the NDRTs (Not Drive Related Tasks) such as, for example, the vehicle's Infotainment, the Daisy driving assistant, the navigation map, entertainment applications.*

### COMPONENTS

- > Centrale: Indicatore di automazione, itinerario, applicazione NDRT selezionata;
- > Laterale sinistro: Informazioni generali, informazioni legate al veicolo;
- > Laterale destro: Carousel delle applicazioni e anteprima dell'applicazione in background (il carousel non sarà interagibile in simulazione).
- > Central: automation indicator, itinerary, selected NDRT application;
- > Left side: General information, information related to the vehicle;
- > Right side: Carousel of applications and preview of the application in the background (the carousel will not be interactable in simulation).

# Dimensioni

Dimensions



# Comportamento situazionale

## Situational behavior

Durante la guida l'interfaccia può variare il suo layout in base alla situazione. Ci sono 3 fasi principali:

- > **Autonomous:** quando la macchina è in guida autonoma e il guidatore può dedicarsi ad attività ricreative e di svago come guardare un film
- > **Transitional:** è la fase di passaggio da guida autonoma a manuale, quindi il guidatore deve avere il tempo di riprendere la sua attenzione verso la strada
- > **Manual:** l'autista ha il pieno controllo della macchina

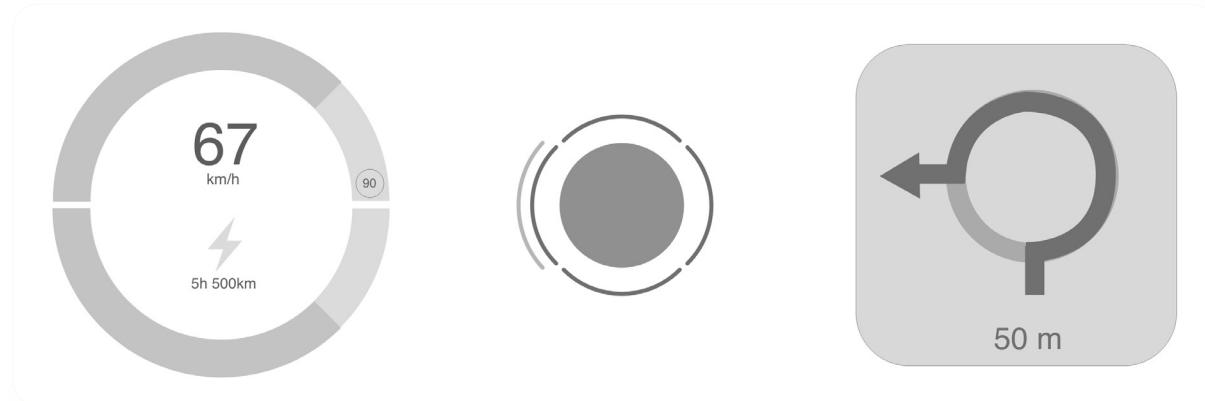
*While driving, the interface may vary its layout according to the situation.*

*There are 3 main stages:*

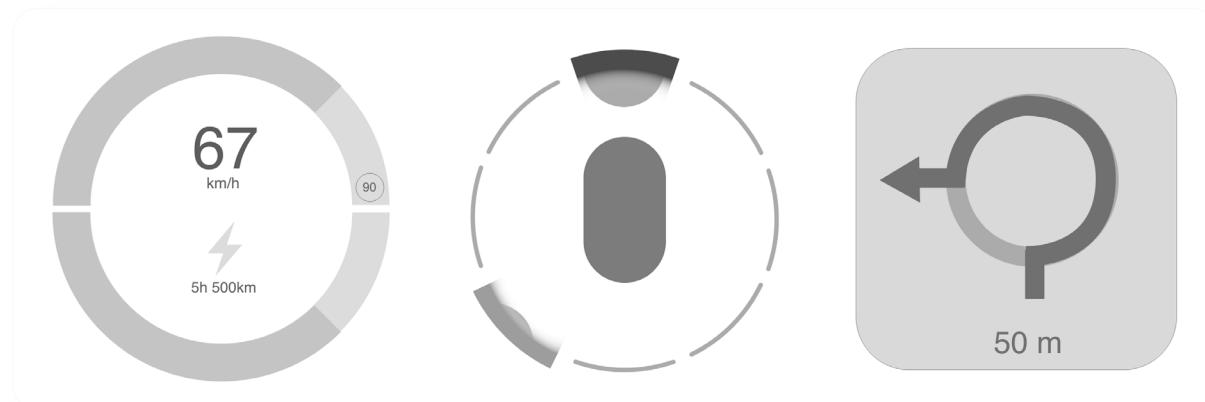
- **Autonomous:** when the car is self-driving and the driver can engage in recreational and leisure activities such as watching a movie
- **Transitional:** is the phase of transition from autonomous to manual driving, so the driver must have time to regain his attention towards the road
- **Manual:** the driver has full control of the car

1  
2  
3

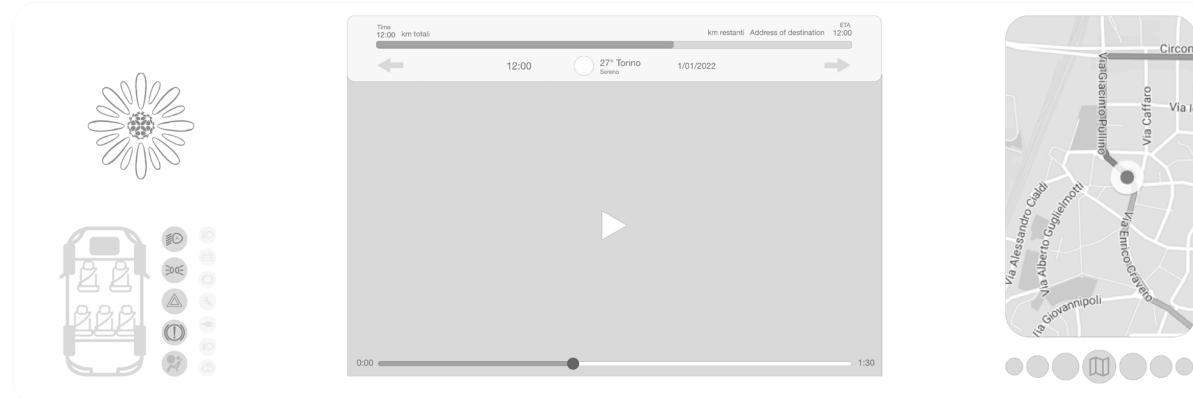
SECTION



AUTONOMOUS



MANUAL



AUTONOMOUS

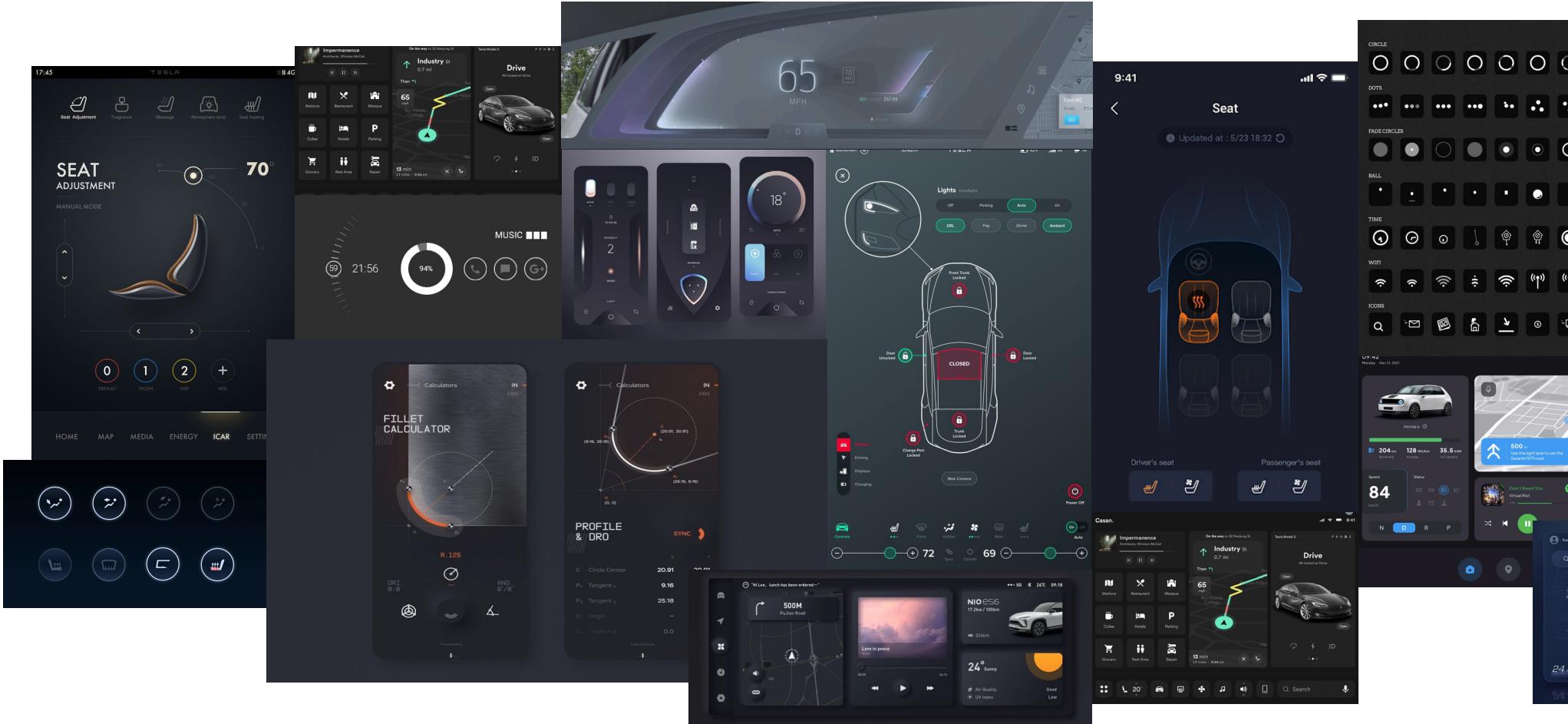


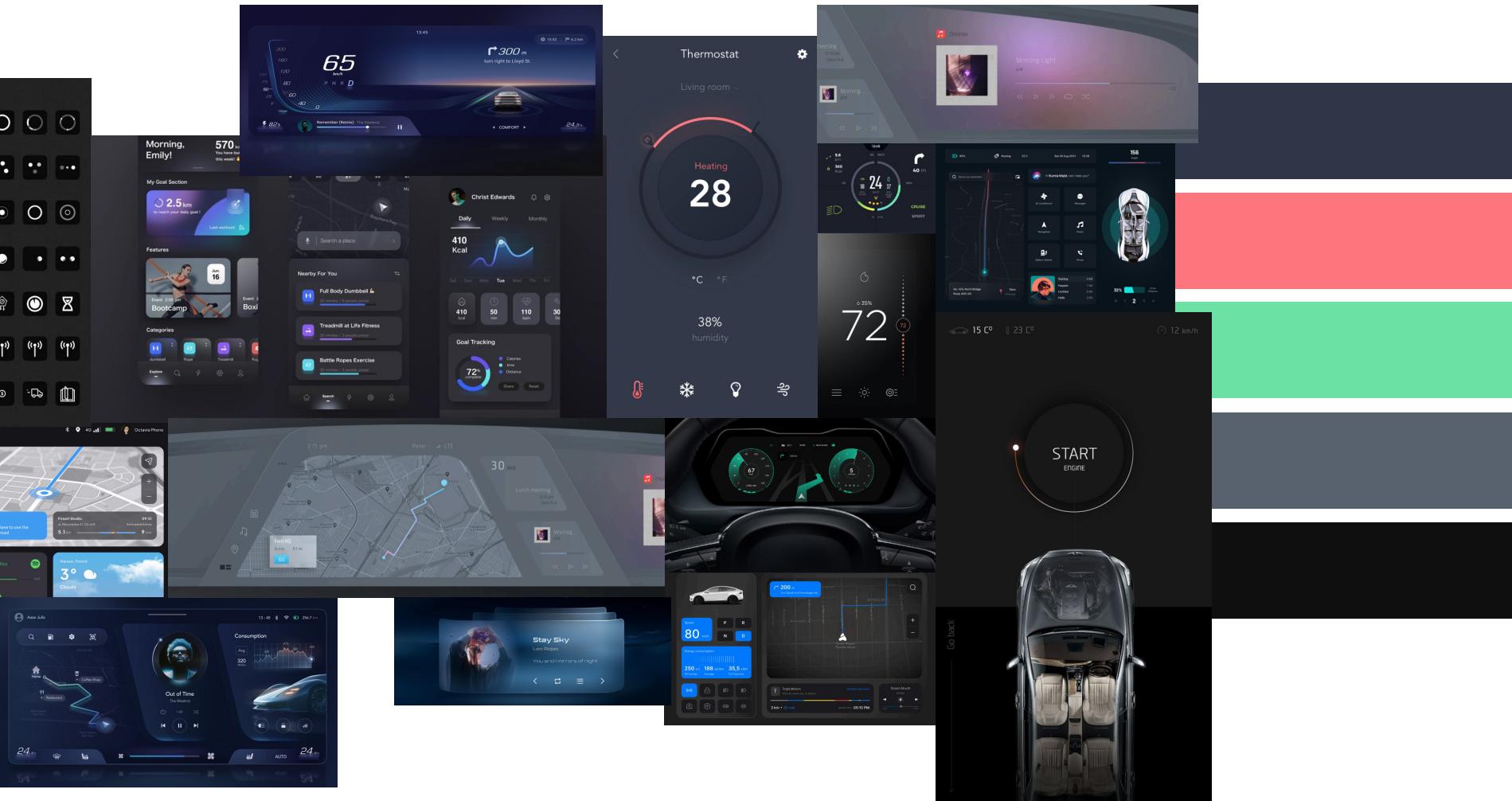
TRANSITIONAL



MANUAL

# Moodboard





# Scelte stilistiche

## Chosen style

L'interfaccia è, nel complesso, divisa in 3 parti: la prima, situata sul parabrezza è un AR-HUD che ha la funzione di richiamare l'attenzione del guidatore, che chiameremo Following HUD; la seconda similmente alla prima è un AR-HUD situata sul parabrezza, ma che a differenza della prima è fissa su un punto e per questo chiameremo Static HUD; infine c'è un display di grandi dimensioni, che per questo chiameremo Large Dashboard.

La UI prende ispirazione dal *glassmorphism*, uno stile estetico che utilizza sfondi simili al vetro opaco. Le icone vengono semplificate nei dettagli per renderle chiare e leggibili al guidatore. I colori sono tendenti al freddo, per rispecchiare meglio il vetro. Lo sfondo della long dashboard è scuro per far risaltare le spie luminose e lo spazio dedicato alla visione di filmati.

Inoltre, i segnali del FHUD che comunicano eventuali pericoli o cartelli stradali, sono rafforzati con un riquadro luminoso. Il colore azzurro viene utilizzato per segnalare la cartellonistica e il rosso per gli ostacoli o situazioni dove bisogna porre maggiore attenzione.

Il carattere tipografico presente è MULI, scelto per la sua forma semplice e perché è facilmente leggibile.

The interface is, overall, divided into 3 parts: the first, located on the windshield, is an AR-HUD which has the function of drawing the driver's attention, which we will call Following HUD; the second similar to the first is an AR-HUD located on the windshield, but which unlike the first is fixed on a point and for this reason we will call Static HUD; finally there is a large display, which for this reason we will call the Large Dashboard.

The UI takes inspiration from glassmorphism, an aesthetic style that uses matte glass-like backgrounds.

The icons are simplified in detail to make them clear and legible to the driver. The colors tend to be cold, to better reflect the glass.

The background of the long dashboard is dark to bring out the lights and the space dedicated to watching movies.

In addition, the FHUD signs that communicate any dangers or road signs are reinforced with a light box. The blue color is used to indicate the signs and the red color for obstacles or situations where more attention must be paid.

The typeface present is MULI, chosen for its simple form and because it is easily readable.

# Componenti

Components



# Font

MULI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z  
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
! " £ \$ % & / ( ) = ? ^

Regular

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z  
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
! " £ \$ % & / ( ) = ? ^

**Bold**

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z  
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
! " £ \$ % & / ( ) = ? ^

Light

# Colori



**CMYK:** 82 · 67 · 51 · 59  
**RGB:** 41 · 48 · 58  
**LAB:** 20 · -2 · -8  
**HSB:** 215 · 29 · 23  
**#HEX:** 29303A



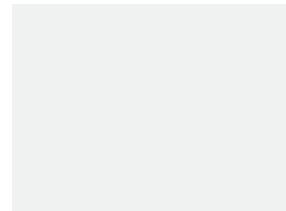
**CMYK:** 0 · 65 · 36 · 0  
**RGB:** 239 · 120 · 129  
**LAB:** 65 · 47 · 17  
**HSB:** 355 · 50 · 94  
**#HEX:** EF7881



**CMYK:** 30 · 7 · 2 · 0  
**RGB:** 189 · 217 · 241  
**LAB:** 85 · -6 · -16  
**HSB:** 208 · 22 · 95  
**#HEX:** BDD9F1



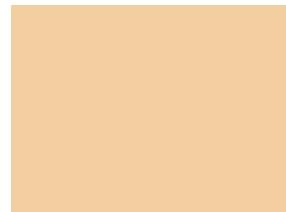
**CMYK:** 7 · 4 · 17 · 0  
**RGB:** 242 · 239 · 220  
**LAB:** 94 · -2 · -9  
**HSB:** 52 · 9 · 95  
**#HEX:** F2EFDC



**CMYK:** 7 · 4 · 5 · 0  
**RGB:** 240 · 242 · 242  
**LAB:** 95 · -2 · 0  
**HSB:** 180 · 1 · 95  
**#HEX:** F0F2F2



**CMYK:** 62 · 7 · 43 · 0  
**RGB:** 105 · 180 · 161  
**LAB:** 68 · -28 · 2  
**HSB:** 165 · 42 · 71  
**#HEX:** 69B4A1



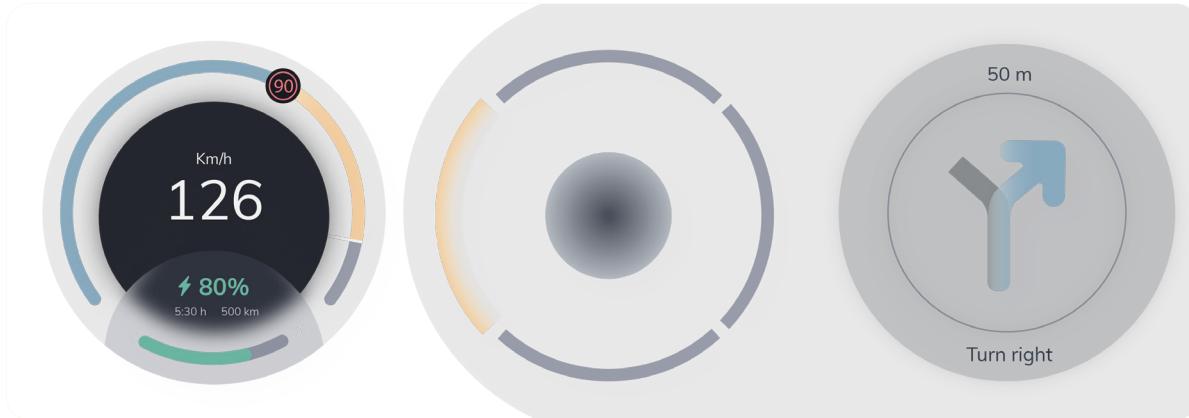
**CMYK:** 5 · 22 · 42 · 0  
**RGB:** 242 · 205 · 160  
**LAB:** 85 · 8 · 27  
**HSB:** 33 · 34 · 95  
**#HEX:** F2CDA0

# Comportamento situazionale

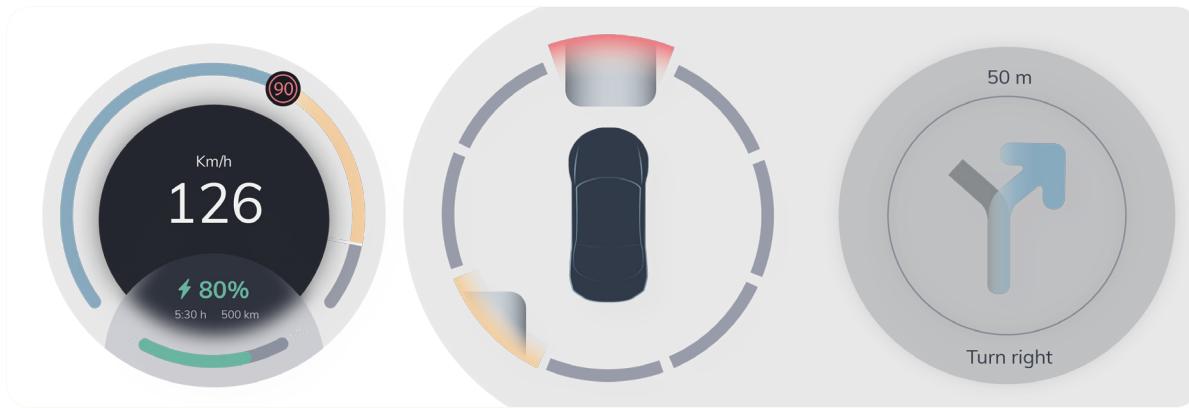
Situational behavior

1  
2  
3

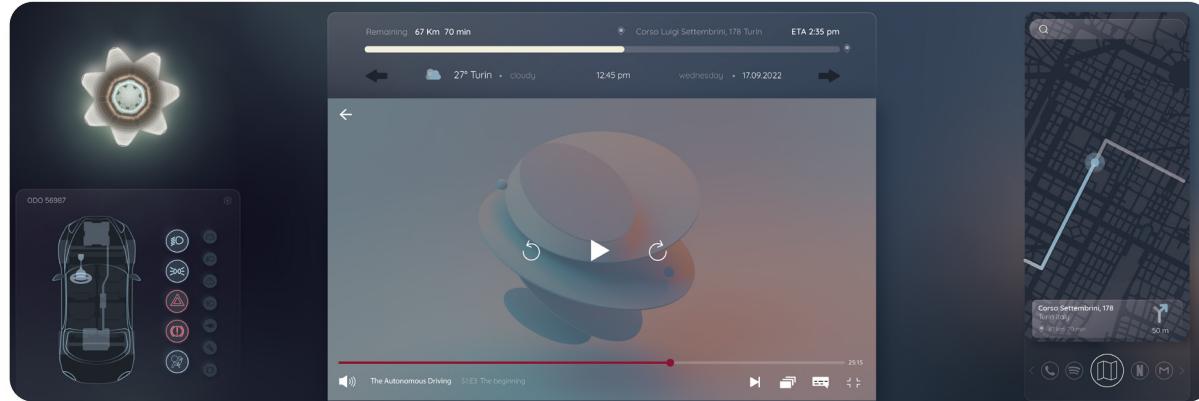
SECTION



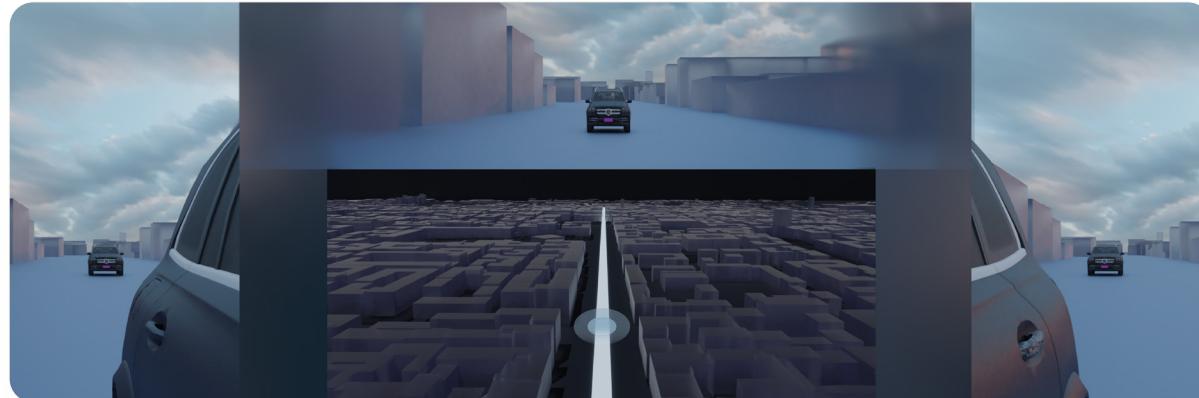
AUTONOMOUS



MANUAL



AUTONOMOUS

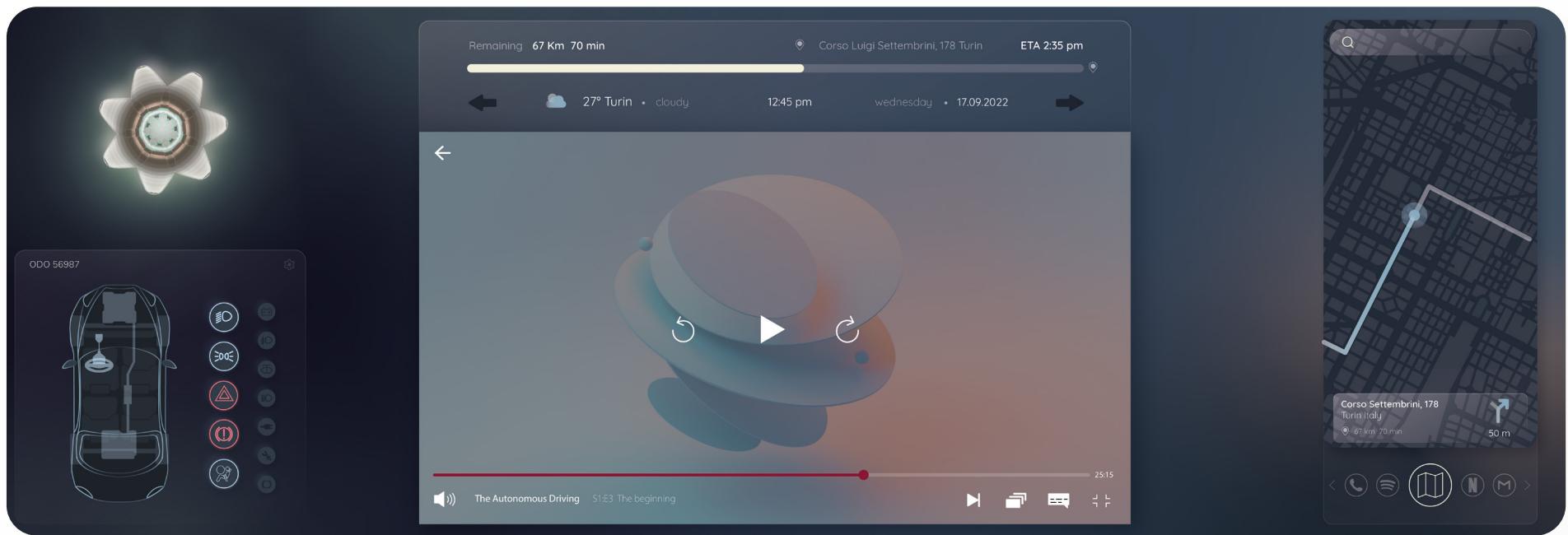


TRANSITIONAL



MANUAL

# Long Dashboard

SECTION  
1  
2  
3



Permette la scelta nello schermo principale



### Scelta

TAP

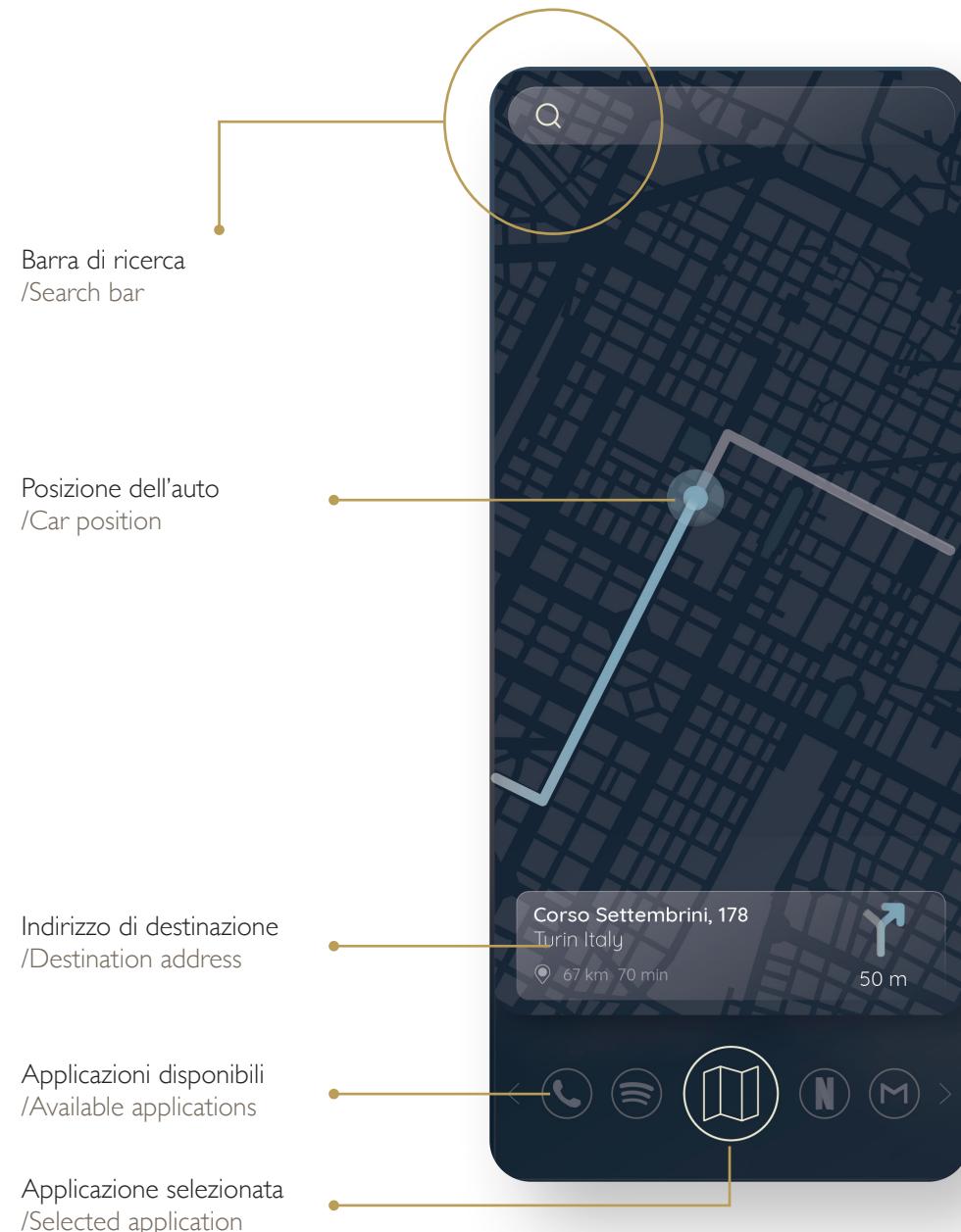
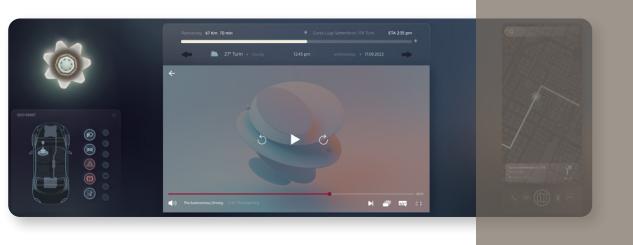
Permette la scelta nello schermo principale

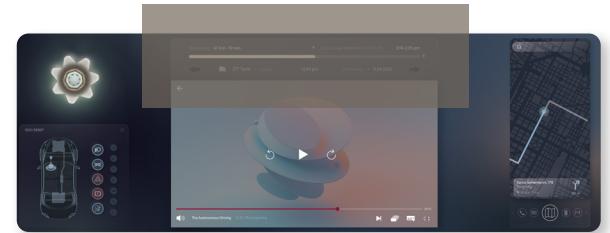
Permette la scelta nello schermo principale





Daisy  
/Artificial intelligence





Tempo e distanza rimanente  
/Remaining time and distance

Remaining 67 Km 70 min



Posizione dell'auto  
/Car position

Corso Luigi Settembrini, 178 Turin



Indirizzo di destinazione  
/Destination address

Orario di arrivo stimato  
/Estimated time of arrival

ETA 2:35 pm



Meteo  
/Weather



27° Turin • cloudy

Ora  
/Time

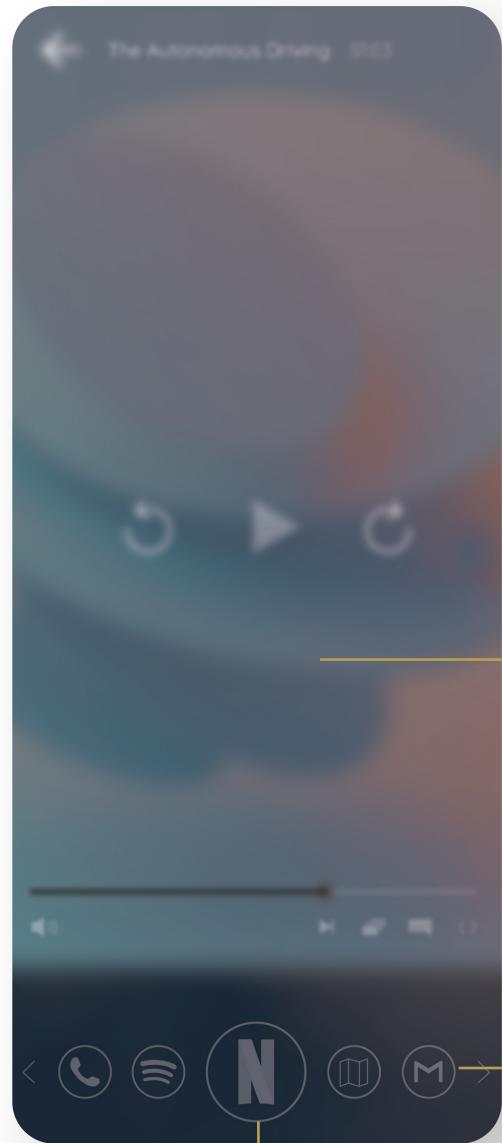
12:45 pm

Data  
/Date

wednesday • 17.09.2022

# Long Dashboard

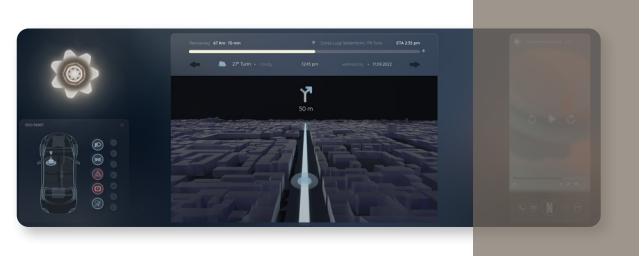
SECTION  
1  
2  
3

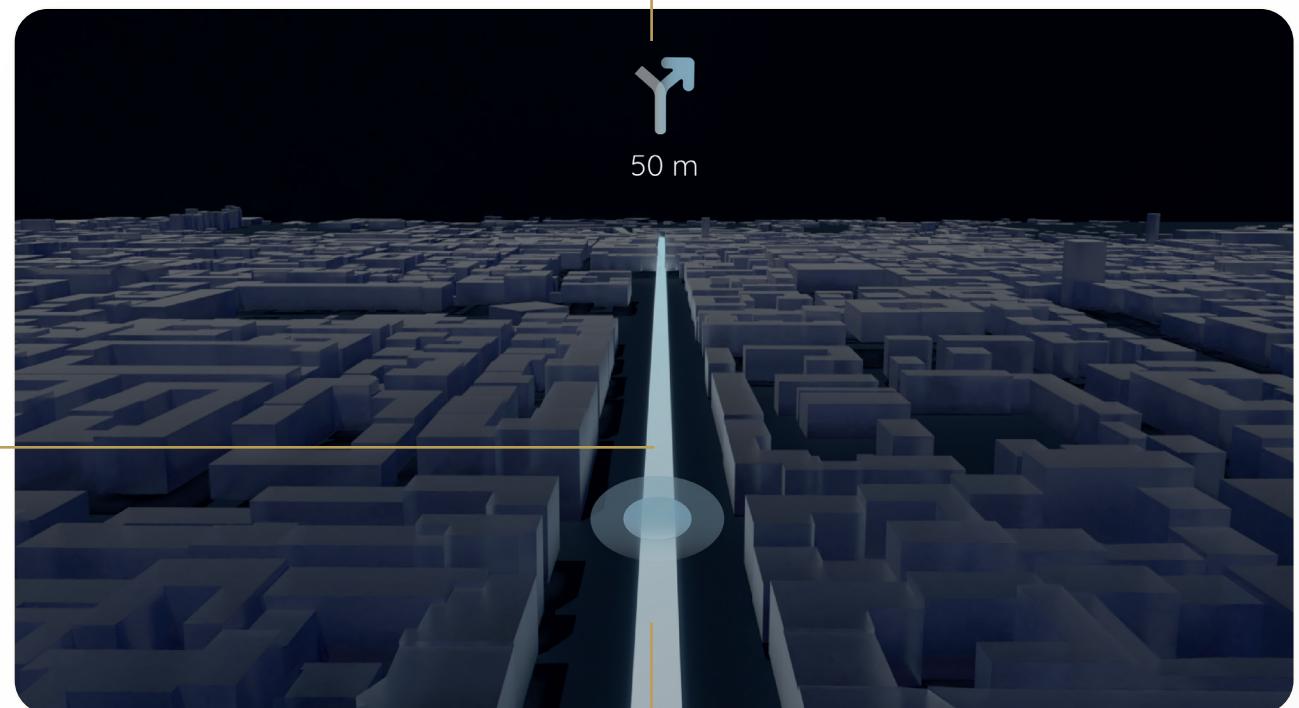


Applicazione selezionata  
/Selected application

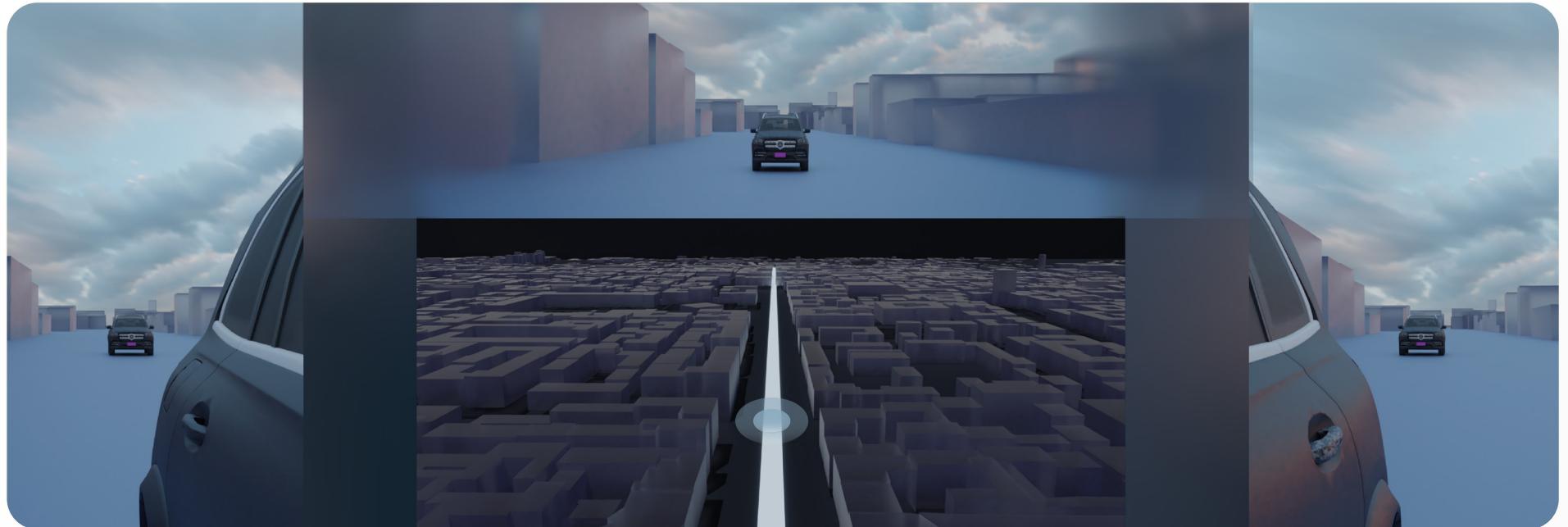
Applicazioni disponibili  
/Available applications

Schermata applicazione  
bloccata  
/Application screen locked

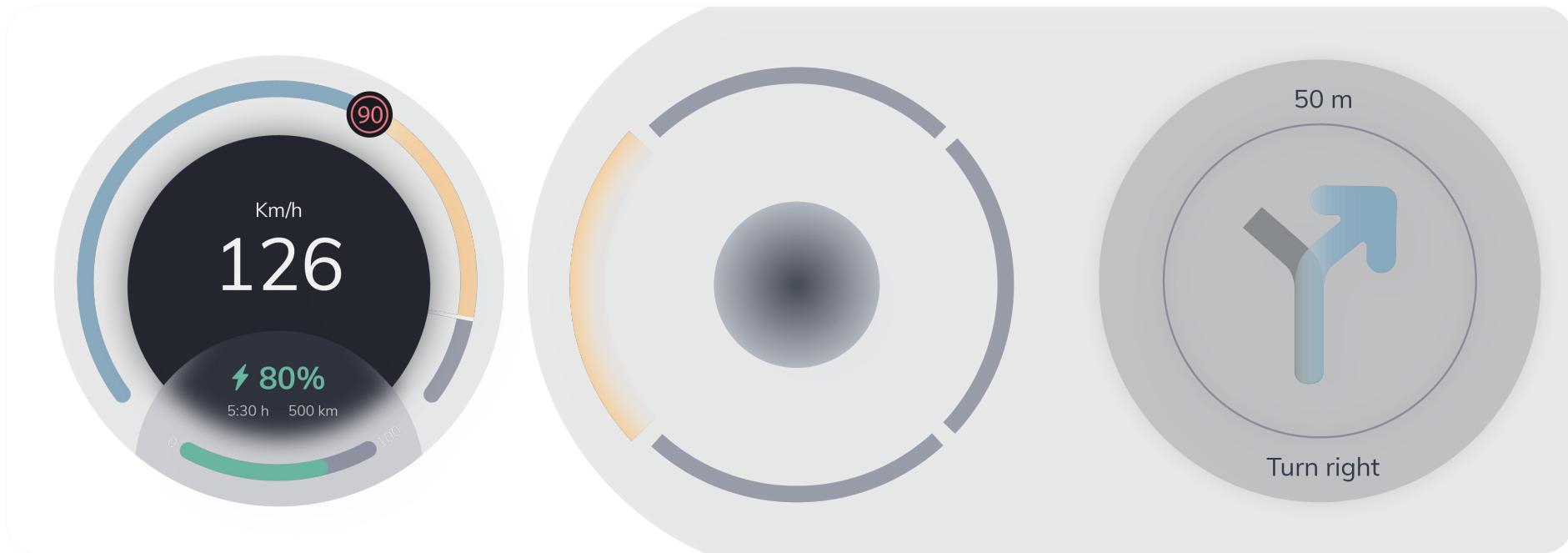


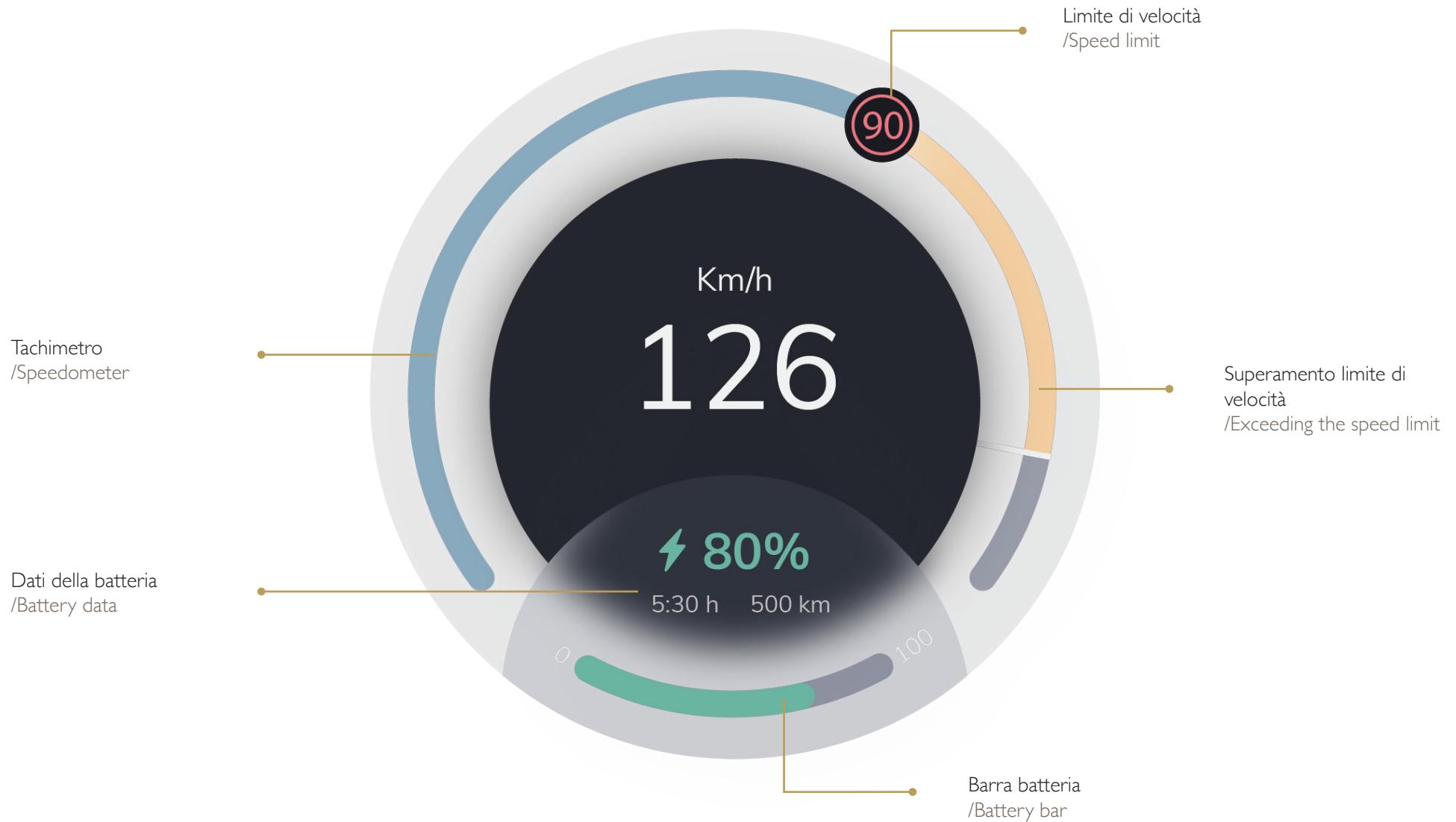


## Long Dashboard

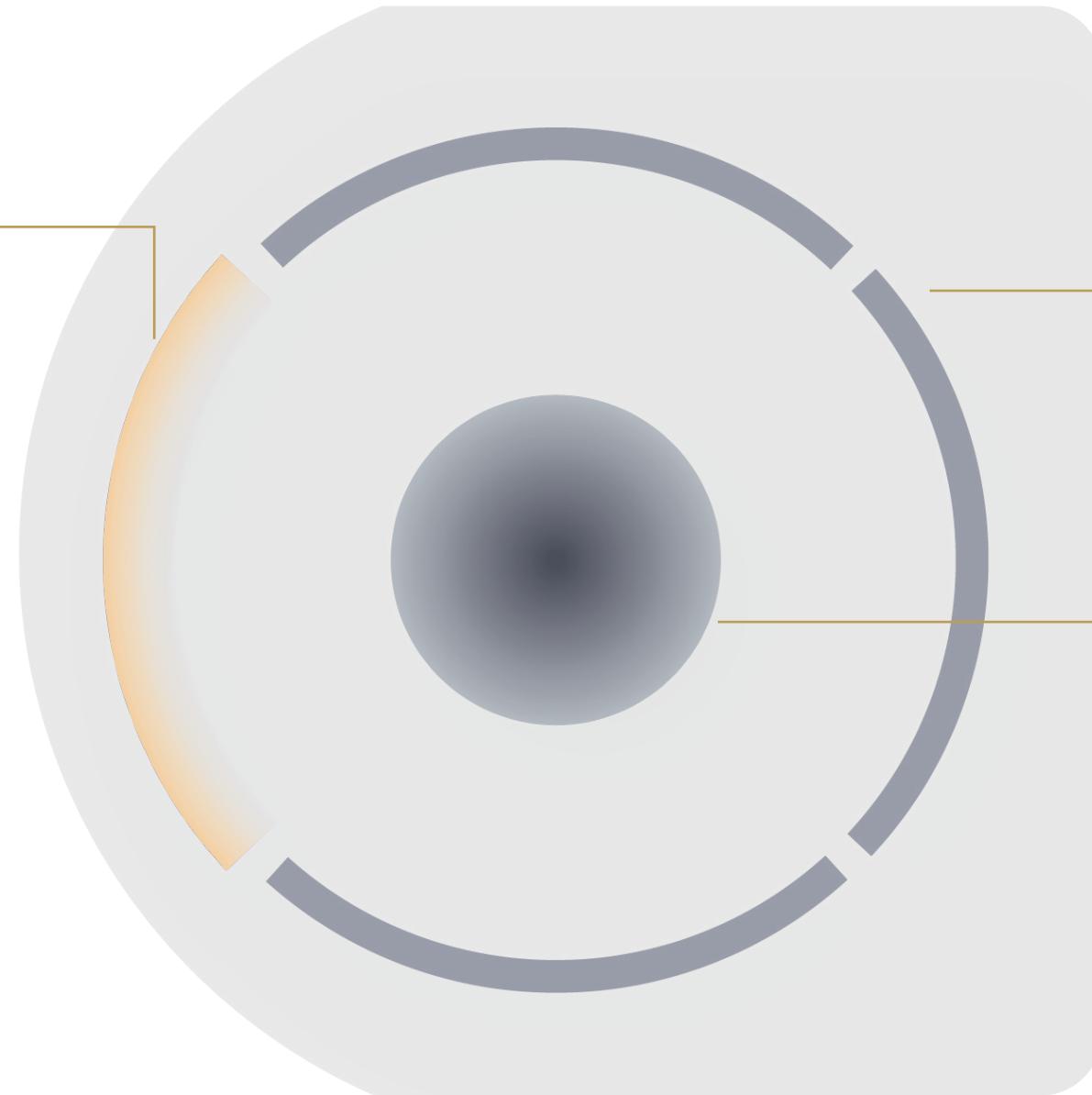


## SHUD

SECTION  
1  
2  
3

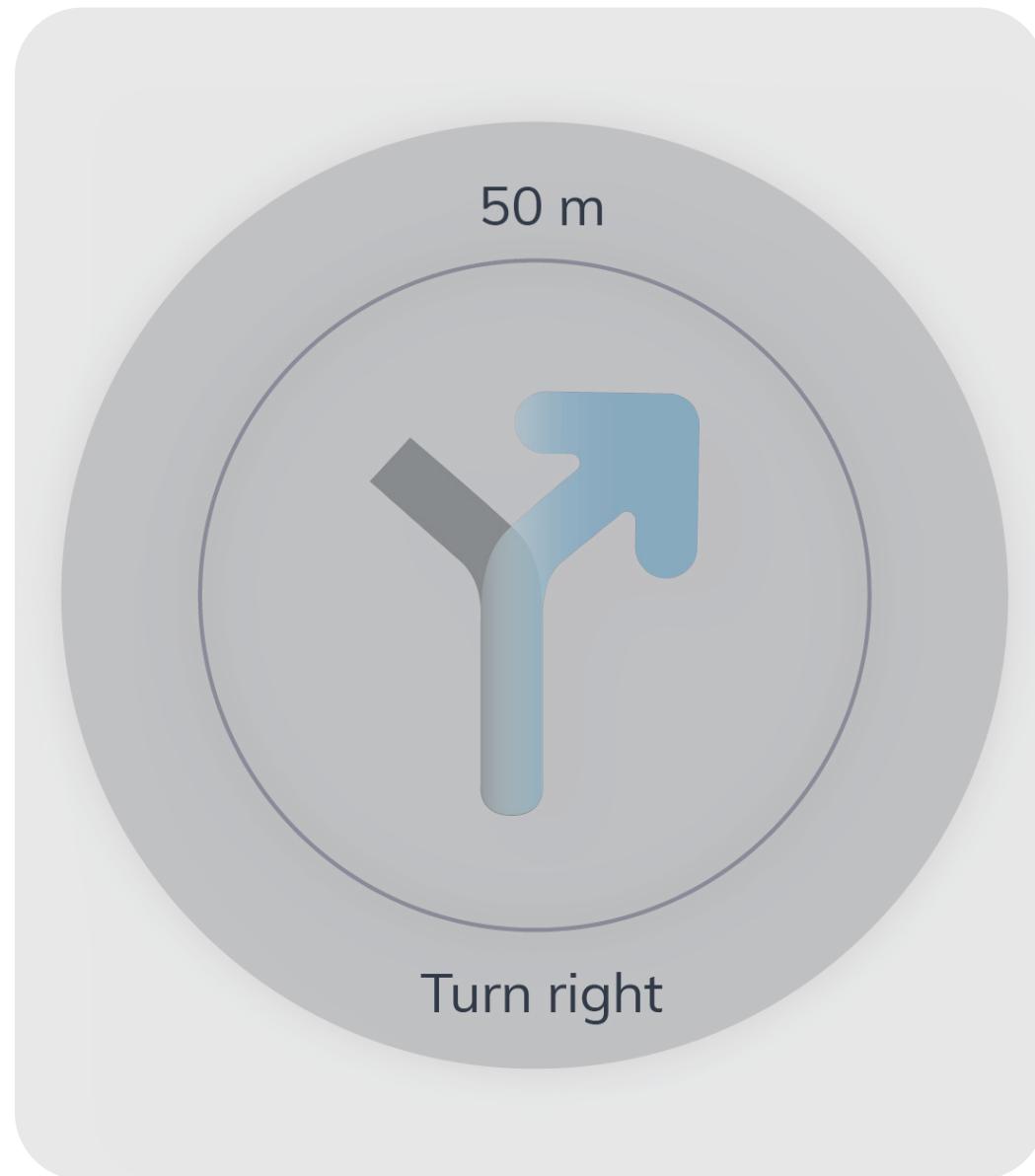


Indicatore di prossimità  
con ostacolo  
*/Proximity indicator with  
obstacle*

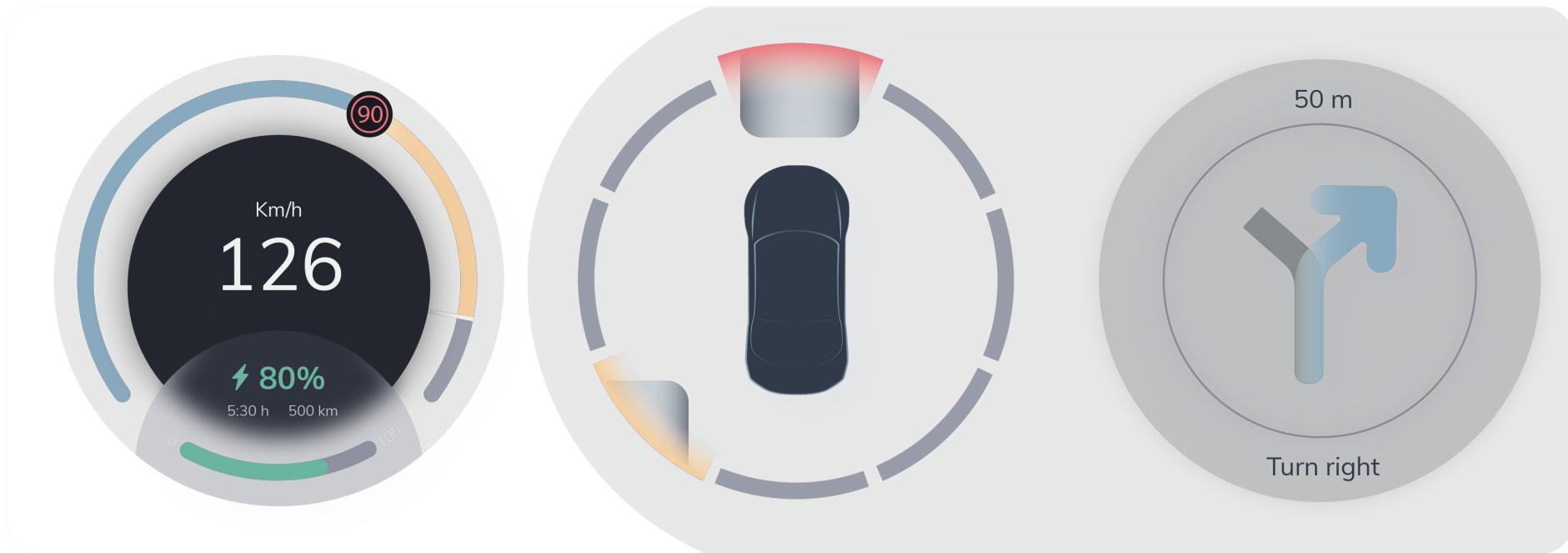


Indicatore di prossimità  
senza ostacolo  
*/Obstacle-free proximity  
indicator*

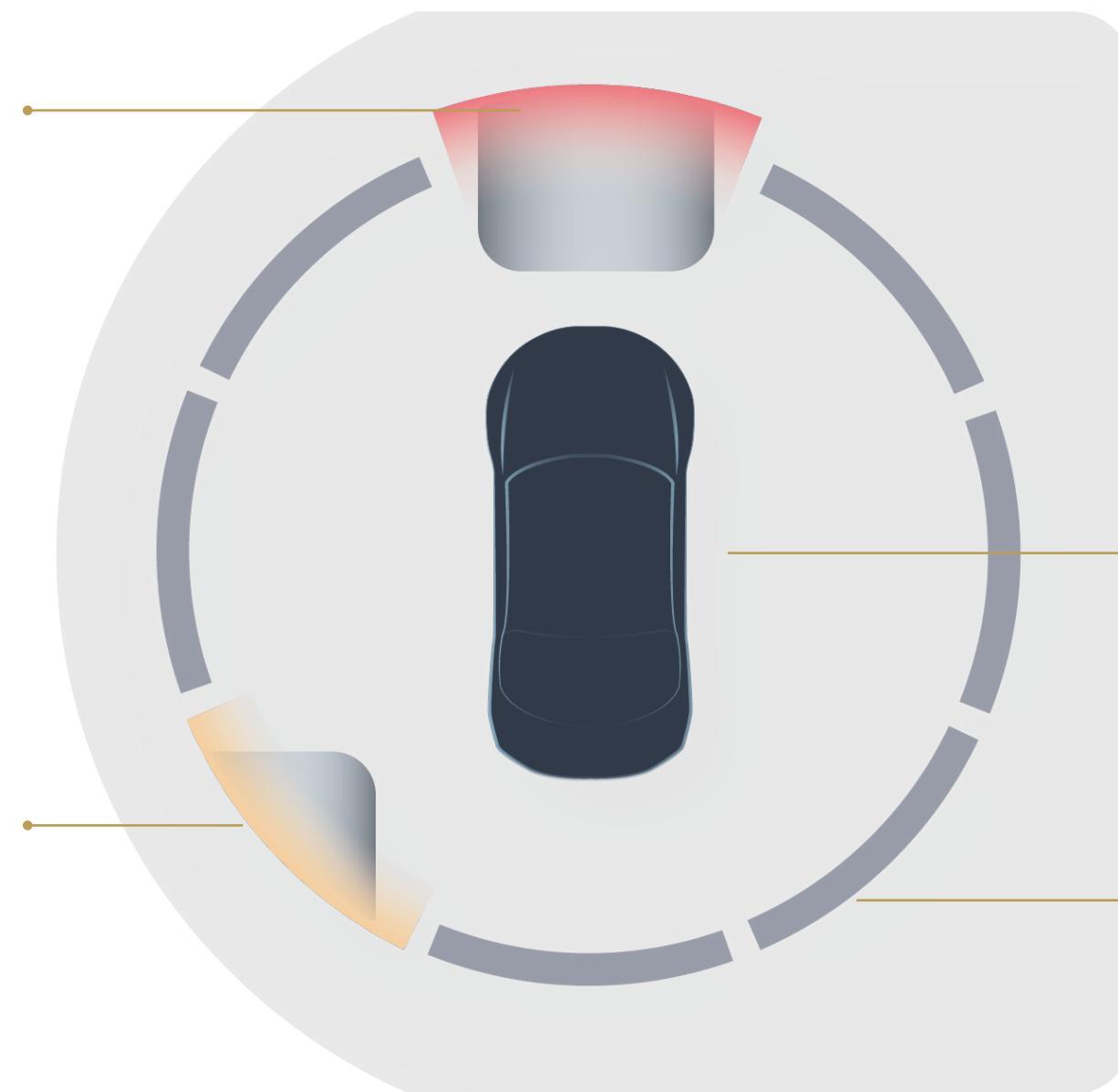
Automobile guidata  
*/Driven car*



## SHUD

SECTION  
1  
2  
3

Indicatore di prossimità  
con ostacolo vicino  
/Proximity indicator with  
near obstacle



Indicatore di prossimità  
con ostacolo lontano  
/Proximity indicator with  
far obstacle

Automobile guidata  
/Driven car

Indicatore di prossimità  
senza ostacolo  
/Obstacle-free proximity  
indicator

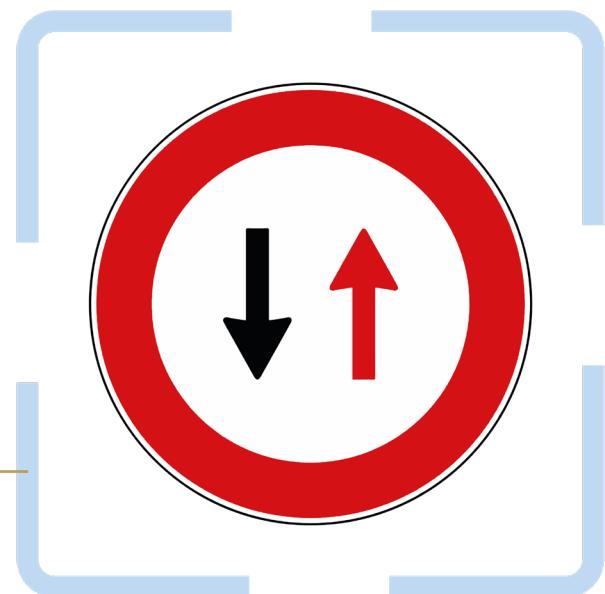
## FHUD

SECTION  
1  
2  
3



Riquadro rosso: pericolo  
/Red box: emergency

Riquadro azzurro: segnaletica  
/blue box: signage



# 09

## > Monitoraggio, feedback, interazione

Monitoring, feedback, interaction

1  
2  
3

SECTION

# 9.1 Monitoraggio

## Monitoring

Per permettere a Daisy di conoscere lo stato della fiducia del guidatore, c'è bisogno di diversi strumenti di monitoraggio. I principali sono l'eye tracking, la misurazione del battito cardiaco e la rilevazione dell'attività elettrodermica.

### EYE TRACKING

Il monitoraggio oculare permette di capire dove si soffermano gli occhi e l'attenzione del guidatore. È quindi capace di percepire se il conducente sta controllando l'andamento dell'auto in caso di poca fiducia o se lo sguardo è attento a dei NDRT e quindi la fiducia verso l'automazione è alta.

### BATTITO CARDIACO

La frequenza cardiaca può essere utilizzata per valutare il carico di stress del guidatore; se dovesse avere una bassa fiducia nel sistema di guida autonoma, avrà di conseguenza un battito più accelerato e viceversa.

### ATTIVITÀ ELETTRODERMICA

La misurazione dell'attività elettrodermica, nella regione delle mani, permette di rilevare l'aumento della sudorazione, causata da stress, ansia, eccitazione emotiva o alto carico cognitivo (Kohn et al., 2021).

*To allow Daisy to know the state of the driver's confidence, various monitoring tools are needed. The main ones are eye tracking, heart rate measurement and detection of electrodermal activity.*

### EYE TRACKING

*Eye monitoring allows you to understand where the driver's eyes and attention linger. It is therefore able to perceive whether the driver is checking the car's progress in the event of lack of confidence or if the eye is attentive to NDRTs and therefore confidence in automation is high.*

### HEARTBEAT

*Heart rate can be used to assess the driver's stress load; should it have low confidence in the autonomous driving system, it will consequently have a more accelerated heartbeat and vice versa.*

### ELECTRODERMAL ACTIVITY

*The measurement of electrodermal activity, in the region of the hands, allows to detect the increase in sweating, caused by stress, anxiety, emotional arousal or high cognitive load (Kohn et al., 2021).*

## 9.2 Feedback

In base agli avvenimenti e ai dati raccolti dall'IA durante il tragitto, l'auto necessita di comunicare al passeggero diversi messaggi tramite l'utilizzo dei supporti visivi, descritti nel capitolo precedente, attraverso luci ambientali e suoni. Queste tre componenti, interagendo insieme, offriranno al passeggero informazioni utili, in maniera chiara e non invasiva.

Le luci ambientali, situate dietro la long dashboard, possono essere usate per avvertire il guidatore di un cambio di stato repentino (pericolo) e in seguito del ritorno alla normalità.

I suoni si dividono in: icone sonore adatte per situazioni di emergenza che necessitano di un feedback più veloce e di una risposta più rapida del guidatore ; feedback vocali da parte di Daisy per segnalare, con la sua voce, problematiche più complesse e con più tempo a disposizione per reagire. Inoltre, dopo situazioni di allarme, può aiutare il recupero della fiducia con delle spiegazioni su quello che è accaduto.

Qui di seguito descriveremo il comportamento dei feedback in alcune situazioni chiave (Use case).

### CAMBIO TIPOLOGIA DI STRADA

Durante il cambio di tipologia di strada, come ad esempio l'entrata e l'uscita da un'autostrada, lo scopo dell'interfaccia è comunicare al guidatore che ci sarà un cambio di velocità e di direzione in modo sicuro.

Il Following HUD evidenzierà il cartello che comunica il cambio di strada e di velocità, lo Static HUD cambierà il limite di conseguenza e sulla long dashboard apparirà

*Based on the events and data collected by the AI during the journey, the car needs to communicate various messages to the passenger through the use of visual aids, described in the previous chapter, through ambient lights and sounds. These three components, interacting together, will offer the passenger useful information, in a clear and non-invasive way.*

*The ambient lights, located behind the long dashboard, can be used to warn the driver of a sudden change of state (danger) and later return to normal.*

*The sounds are divided into: sound icons suitable for emergency situations that require faster feedback and a faster response from the driver; vocal feedback from Daisy to report, with her voice, more complex problems and with more time available to react. In addition, after alarm situations, it can help restore confidence by explaining what happened.*

*Below we will describe the behavior of the feedback in some key situations (Use cases).*

### CHANGE TYPE OF ROAD

*During the change of road type, such as entering and exiting a motorway, the purpose of the interface is to communicate to the driver that there will be a change of speed and direction in a safe way.*

*The Following HUD will highlight the sign communicating the change of road and speed, the Static HUD will change the limit accordingly and the arrow will appear*

la freccia.

Non servono feedback sonori particolari oltre al suono della freccia perché è una situazione frequente e abituale.

## TAKE OVER REQUESTS

Durante le TOR, lo scopo dell'interfaccia è quello di avvisare il guidatore che ci sarà bisogno di prendere i comandi, avvertendolo in maniera adatta in base alle tempistiche, ma al tempo stesso dare un senso di sicurezza, riportandolo alla guida con la certezza di sapere com'è la situazione intorno all'auto.

Il Following HUD mostrerà, se possibile, la problematica; lo Static HUD mostrerà in maniera dettagliata la situazione intorno all'auto e, prima che sia ripreso il controllo, la long dashboard mostrerà tramite video la situazione circostante. Tramite un'icona uditive e il cambio delle luci ambientali verrà comunicato il cambio di stato per richiamare l'attenzione.

In seguito, se necessario, Daisy spiegherà la motivazione della take over request, per garantire al guidatore la professionalità e la consapevolezza dell'AI.

## PERICOLO SOTTO CONTROLLO

I veicoli o i pedoni che tagliano la strada sono tra gli use case più traumatici per la fiducia del guidatore; di conseguenza lo scopo principale dell'interfaccia, in questo caso, è quello di mantenere la fiducia verso la guida autonoma. Evidenziando il problema con il Following HUD, Daisy mostra che ha la situazione sotto controllo, che riesce a percepire il problema e che è consapevole della gravità. Una volta tornata alla normalità, Daisy comunicherà al guidatore che è tutto sotto controllo.

on the long dashboard.

No particular sound feedback is needed other than the sound of the arrow because it is a frequent and usual situation.

## TAKE OVER REQUESTS

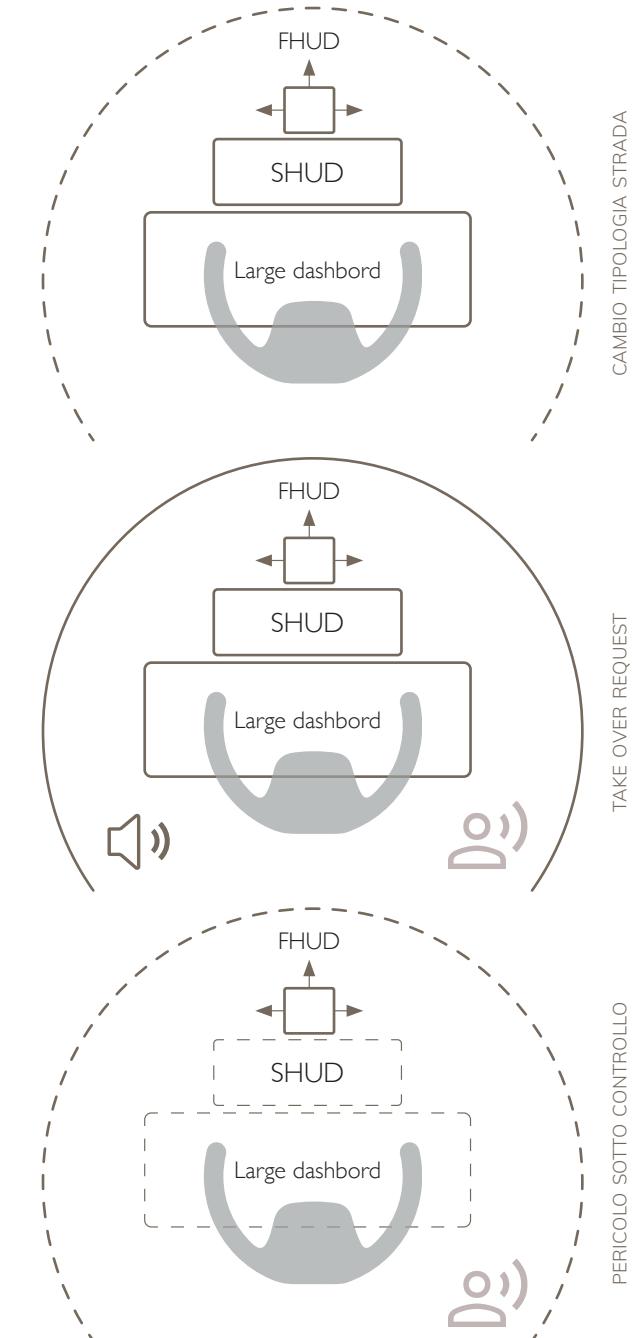
*During the TOR, the purpose of the interface is to warn the driver that there will be a need to take the commands, warning him in a suitable way according to the timing, but at the same time give a sense of safety, bringing him back to driving with the certainty of knowing what the situation is like around the car.*

*The Following HUD will show, if possible, the problem; the Static HUD will show the situation around the car in detail and, before control is regained, the long dashboard will show the surrounding situation via video. Through an auditory icon and the change of ambient lights, the change of state will be communicated to attract attention.*

*Later, if necessary, Daisy will explain the reason for the take over request, to guarantee the driver the professionalism and awareness of AI.*

## DANGER UNDER CONTROL

*Vehicles or pedestrians crossing the road are among the most traumatic use cases for driver confidence; consequently, the main purpose of the interface, in this case, is to maintain confidence in autonomous driving. By highlighting the problem with the Following HUD, Daisy shows that she has the situation under control, that she can sense the problem and that she is aware of the severity. Once back to normal, Daisy will communicate to the driver that everything is under control.*



## 9.3 Interazione

### Interaction

Il metodo più diretto per interagire con Daisy è mediante la propria voce, è possibile richiamare la sua attenzione utilizzando le parole chiave "Ehi Daisy", facendo un gioco di parole con il nome completo A.D.A.I.Sy.

Attraverso i comandi vocali è possibile chiedere di avviare applicazioni e contenuti multimediali, ottenere informazioni di vario genere e cambiare le impostazioni dell'auto. Inoltre, in caso di problematiche durante la guida autonoma, Daisy avviserà e spiegherà cosa sta succedendo o è successo.

Nel tempo, Daisy cambierà il suo modo di parlare e il linguaggio, basandosi sulla personalità analizzata, utilizzando termini e frasi più adatte per farsi apprezzare e ottenere la fiducia dell'utente.

In alternativa è possibile navigare all'interno della Long Dashboard, utilizzando il trackpad posto al centro del volante. Il volante ha la particolarità di avere la parte centrale, dove è posizionato il trackpad fisso; questo permette di poter usare le gesture anche quando l'auto, in guida autonoma, sta sterzando. Inoltre, la sua forma ad arco è stata pensata in maniera tale da permettere un'ampia visione della long dashboard.

Il trackpad funziona attraverso una serie di gesture, divise in due gruppi: Macro, ovvero le gesture che servono per la scelta delle applicazioni e accedere al menù delle impostazioni generale; Micro, che servono per interagire con l'applicazione selezionata.

*The most direct way to interact with Daisy is through your own voice, you can get her attention using the keywords "Hey Daisy", playing a pun with the full name A.D.A.I.Sy.*

*Through voice commands, you can ask to start applications and multimedia content, obtain information of various kinds and change the car settings. Also, in case of any problems while autonomous driving, Daisy will warn and explain what is happening or has happened. Over time, Daisy will change her way of speaking and language, based on the personality analyzed, using more suitable terms and phrases to be appreciated and gain the user's trust.*

*Alternatively, you can navigate within the Long Dashboard, using the trackpad located in the center of the steering wheel. The steering wheel has the particularity of having the central part, where the trackpad is positioned fixed; this allows you to use the gestures even when the car, in autonomous driving, is steering. Furthermore, its arch shape has been designed in such a way as to allow a broad view of the long dashboard.*

*The trackpad works through a series of gestures, divided into two groups: Macro, that is the gestures used to choose applications and access the general settings menu; Micro, which are used to interact with the selected application.*

*Utente entra in auto per la prima volta*

(*partenza da distaccato*) **Daisy:** "Buongiorno, io sono Daisy, l'AI di questa auto. Se ha bisogno di qualcosa chieda pure, può chiamarmi dicendo "Hey Daisy!"

**Utente:** Hey Daisy, puoi portarmi in via Settembrini, 125 Torino?

(*inizio di un approccio più amichevole*) **Daisy:** Certo! Navigazione impostata. Posso darle anche io del tu?

**Utente:** Sì

**Daisy:** Bene, come ti chiami?

**Utente:** Mi chiamo Nicola

**Daisy:** Bene Nicola, partiamo.

*User enters the car for the first time*

(*Departure from detached*) **Daisy:** "Hello, I'm Daisy, the AI of this car. If you need anything please ask, you can call me saying "Hey Daisy!"

**User:** Hey Daisy, can you take me to Settembrini street, 125 Turin?

(*beginning of a friendlier approach*) **Daisy:** Sure! Navigation set. Can I call you by name too?

**User:** Yes

**Daisy:** Well, what's your name?

**User:** My name is Nicola

**Daisy:** Well Nicola, let's go.

# Gesture

MACRO: INTERAZIONI MANAGERIALI

Managerial interactions

> 3-4 FINGER



## Selection

TAP

Allows the choice of application

## Carousel APP

SWIPE IN DESTRA O SINISTRA

Move in the side carosel of applications

## Settings

SWIPE UP (SHOW)  
SWIPE DOWN (HIDE)

Compare il menù delle impostazioni

1  
2  
3

SECTION

MICRO: INTERAZIONI CON L'APP SELEZIONATA

interactions with the selected app

> 1-2 FINGER



## Choice

TAP

Allows selection in the main screen

## Horizontal scrolling

SIDE SWIPE

Allows you to scroll left and right

## Vertical scrolling

VERTICAL SWIPE

Allows you to scroll up and down

## Search

CIRCLE

Allows you to activate the search in the selected app

## Writing

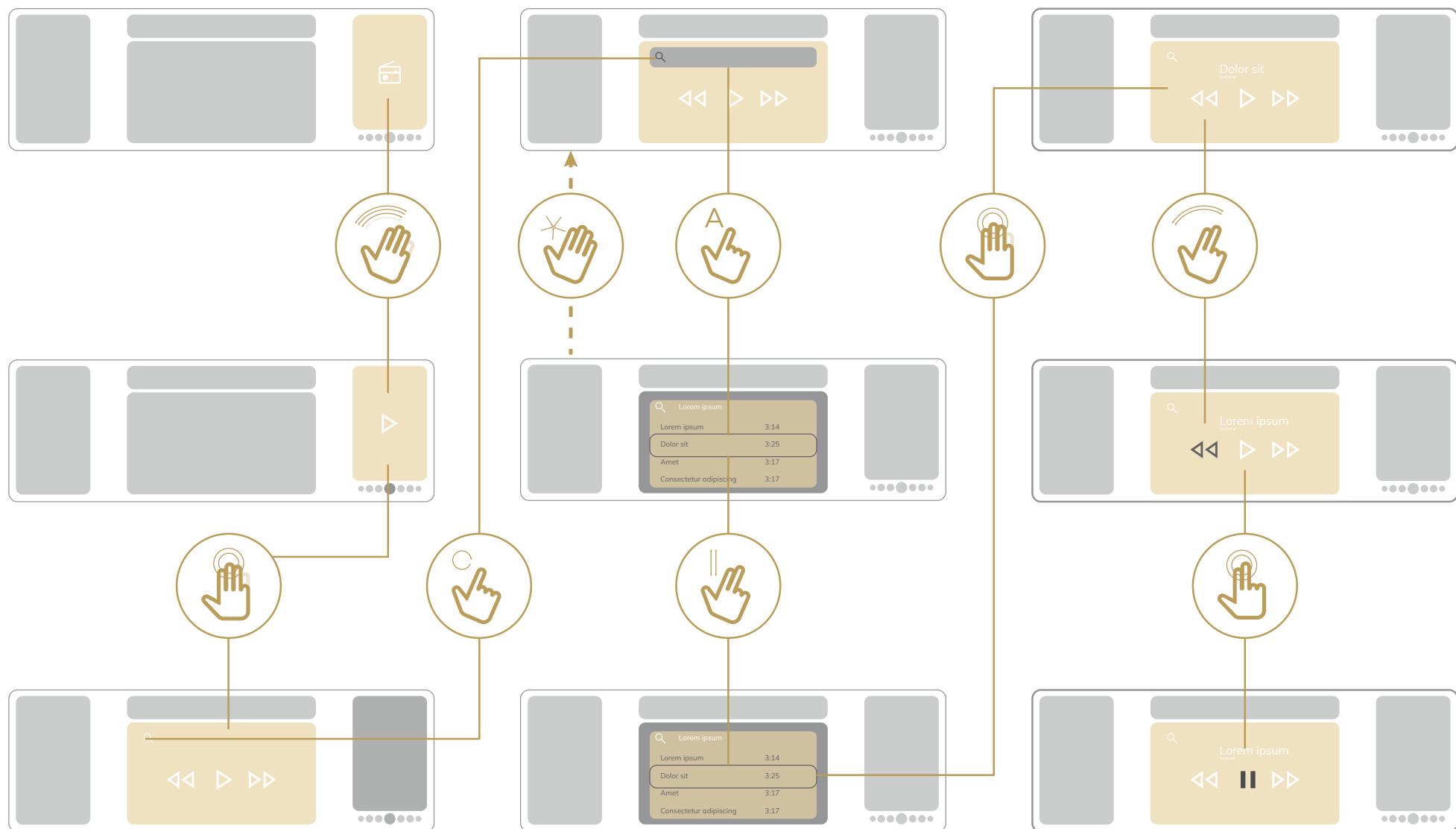
DRAW LETTERS

It allows you to write by drawing the letters directly

## Home app (Backwards)

PUT FINGERTIPS TOGETHER

Allows you to return to the basic screen from the submenus



10

> **Prototipo**

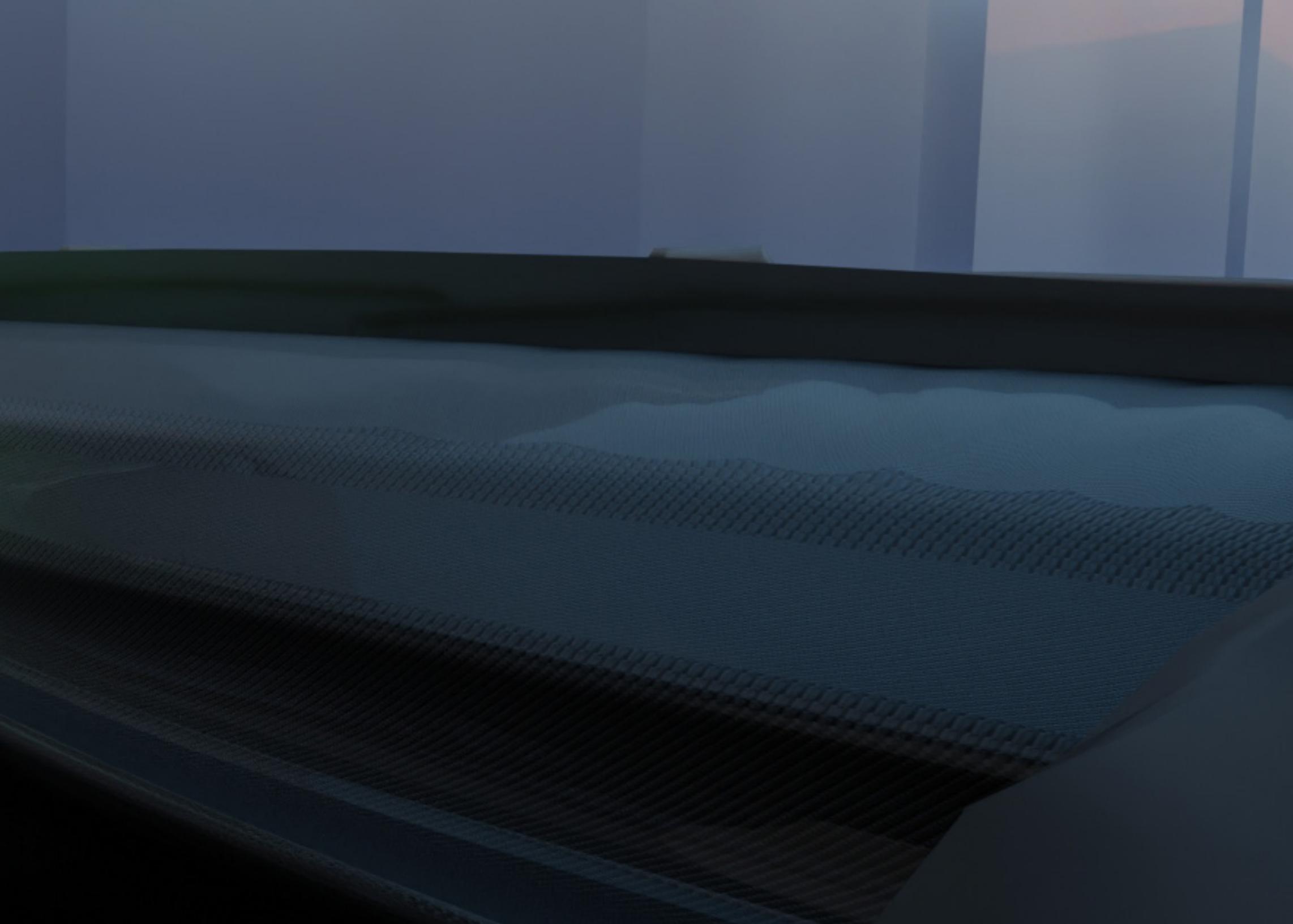
Prototype

1  
2  
3

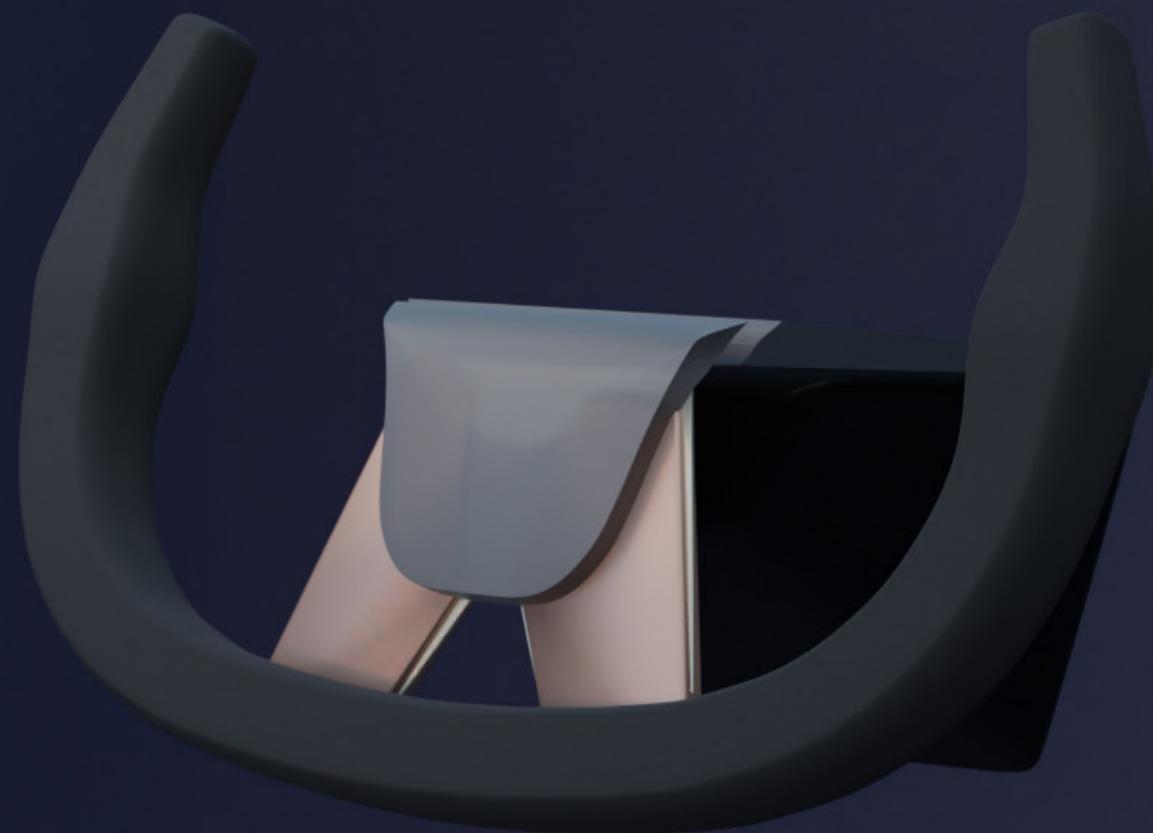
SECTION



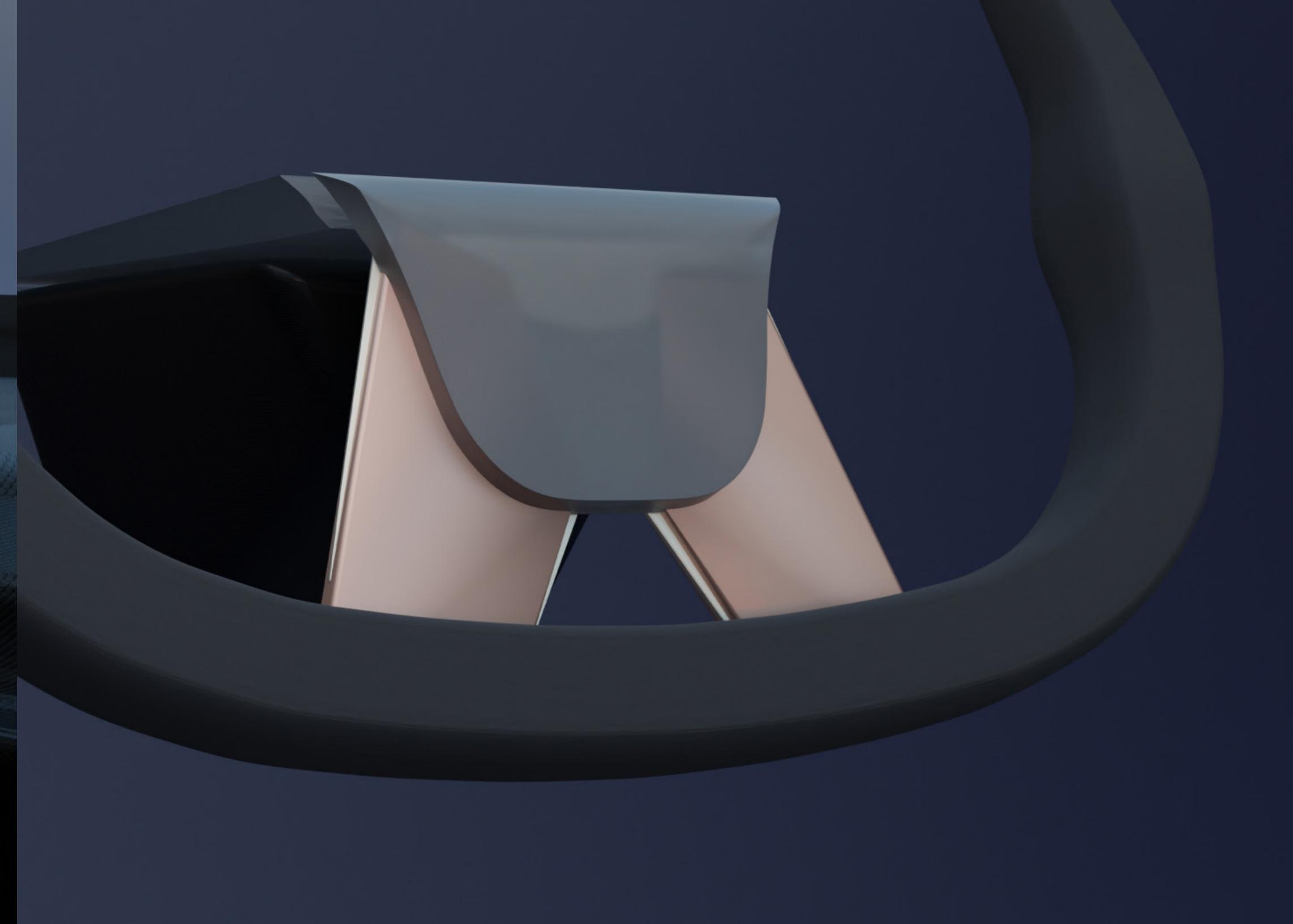




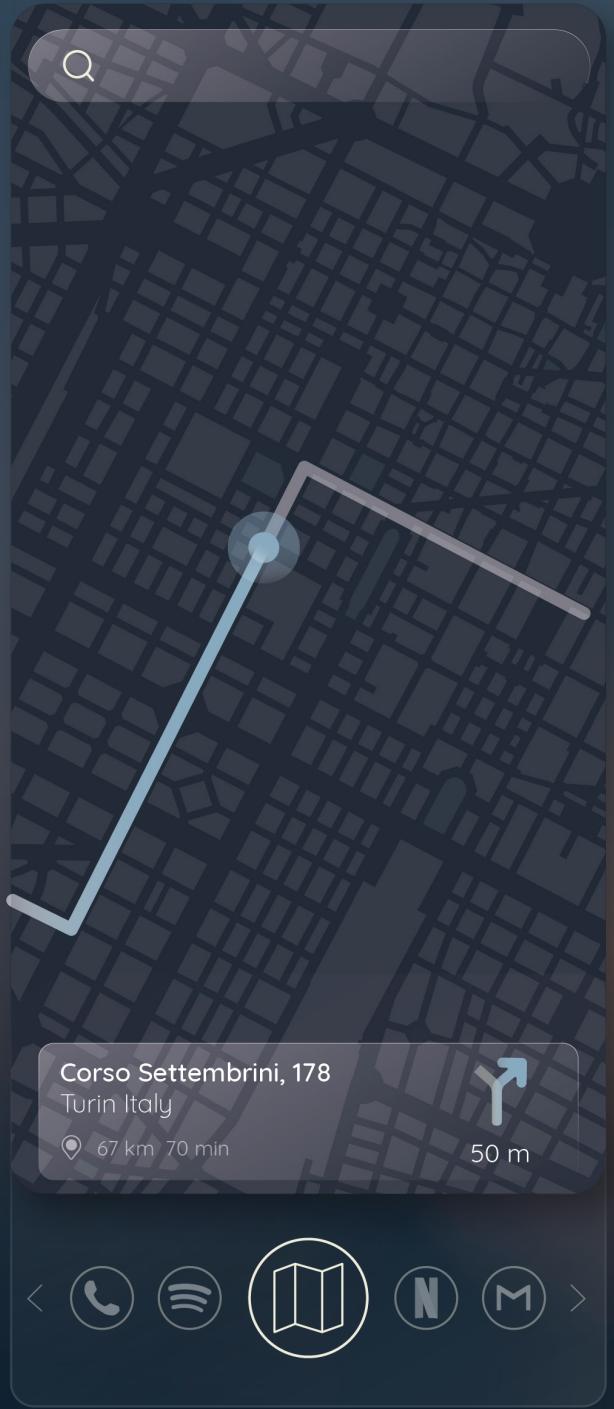
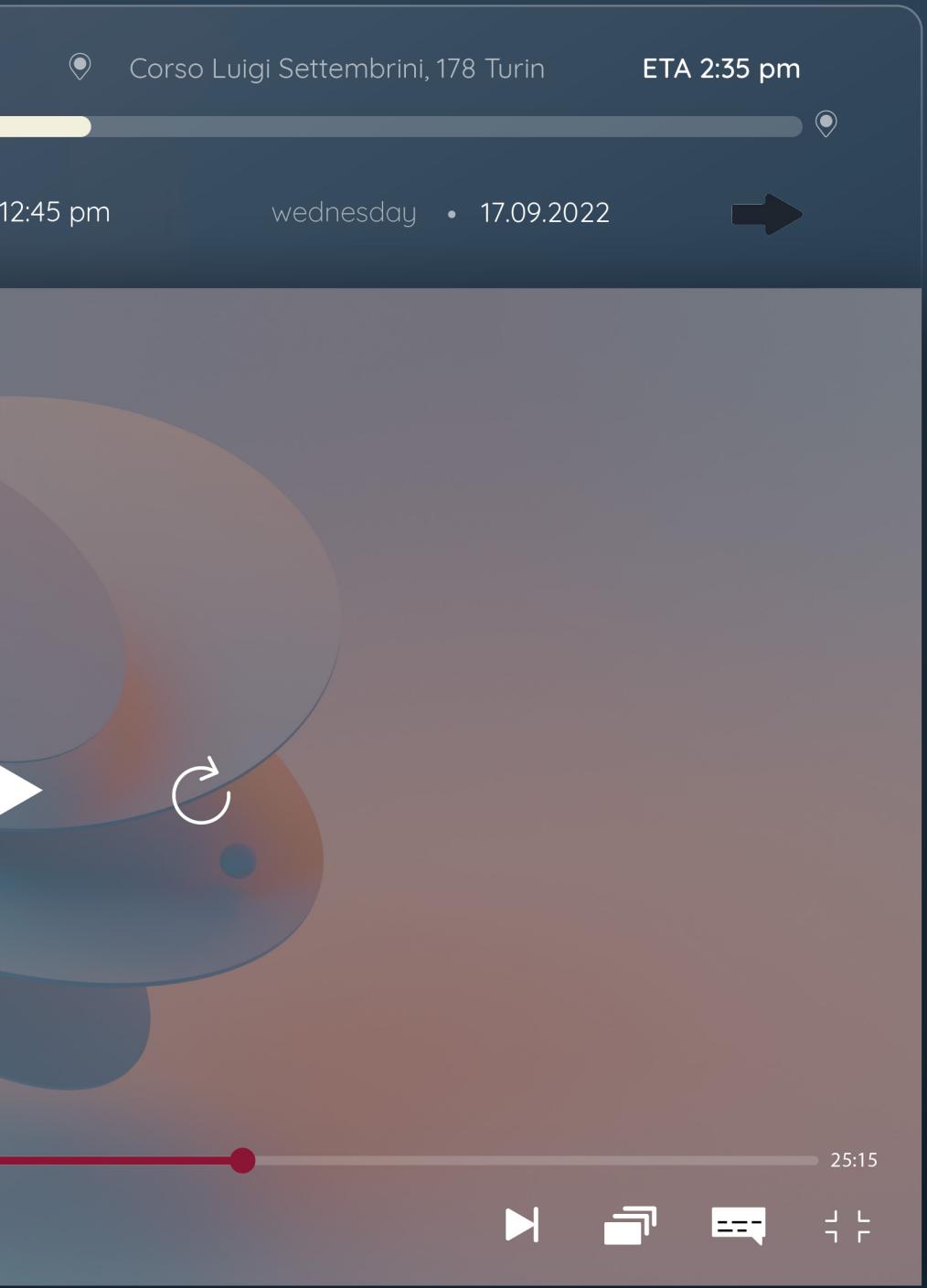


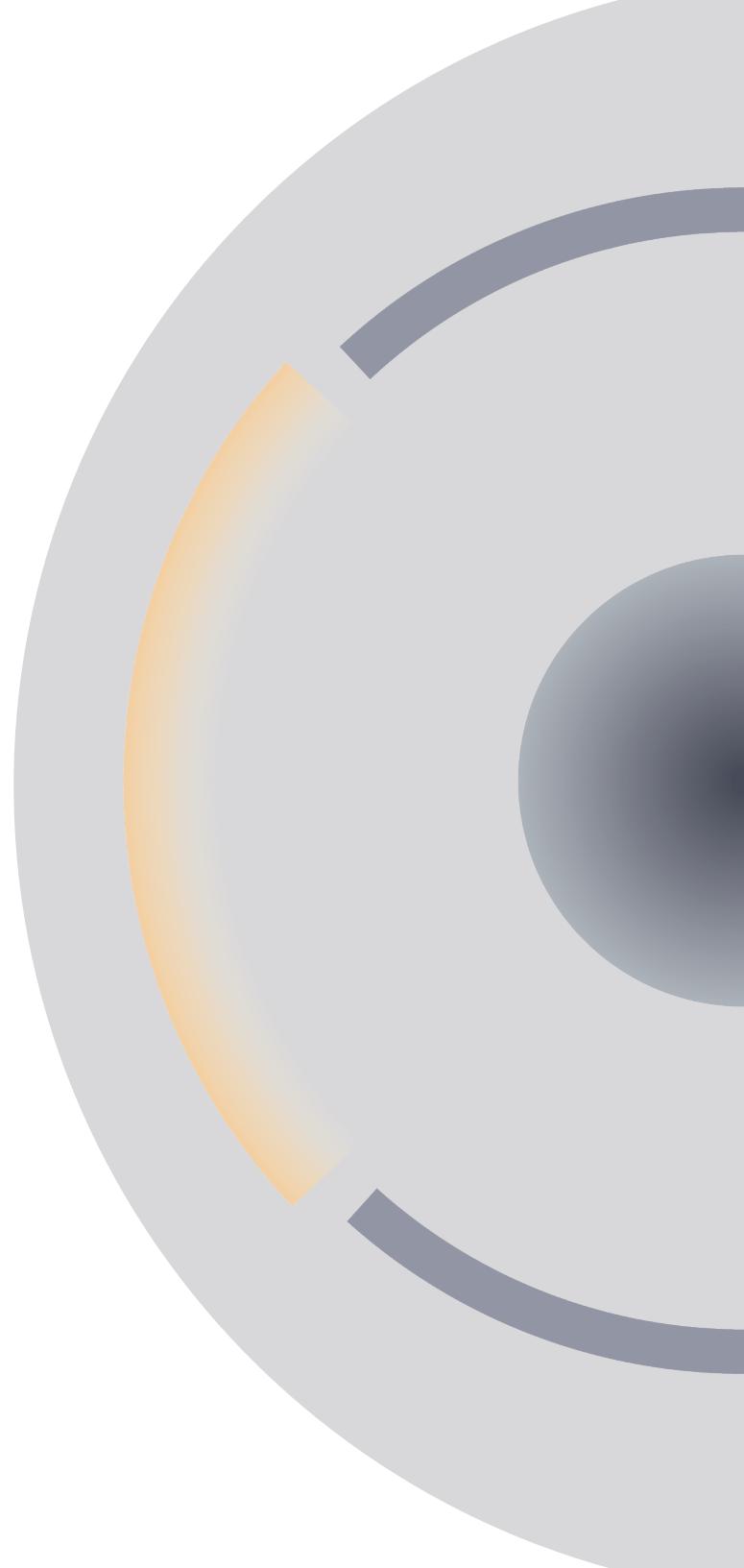


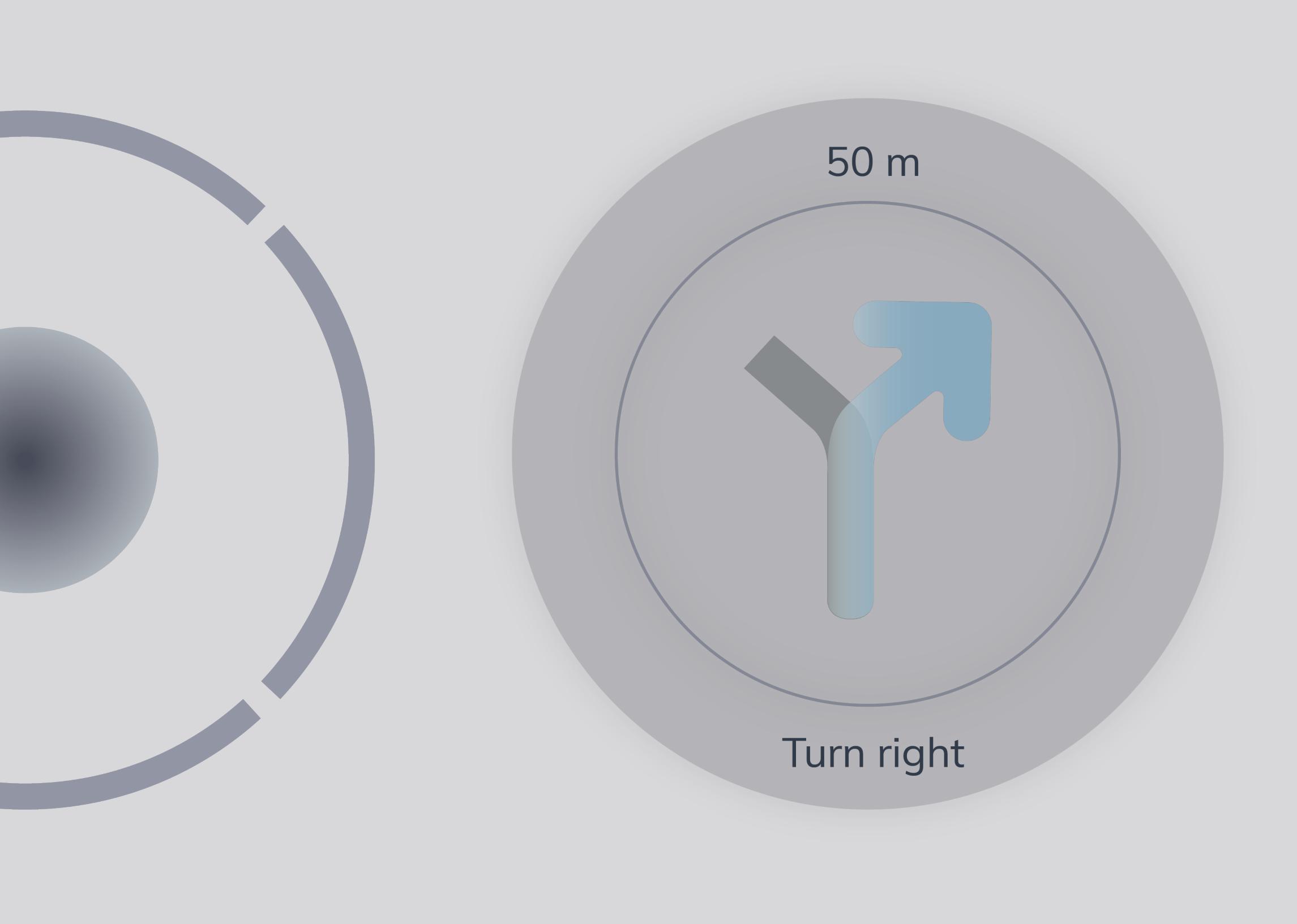




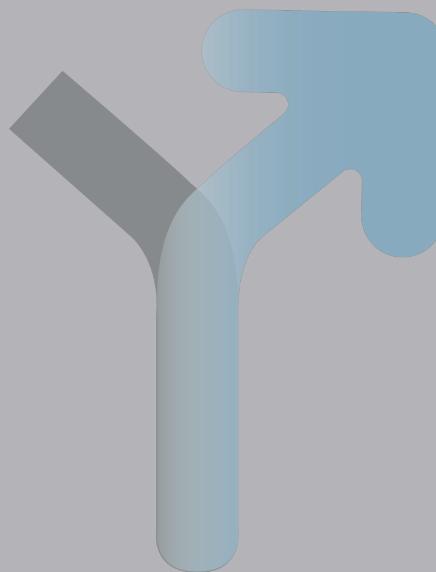








50 m



Turn right

100 m



50 m







# Conclusioni

## Conclusions

Il test, in realtà virtuale, per valutare l'impatto dell'interfaccia sulla fiducia durante l'utilizzo di un'auto a guida autonoma, è stato somministrato a 28 volontari, di cui 22 utilizzabili a fine scientifico. Il test era composto di una fase pre-simulazione in cui il volontario doveva compilare un questionario con alcuni dati personali, il suo rapporto d'uso con le auto e i device correlati, due tipologie di questionario sulla fiducia nell'automazione e infine un questionario sulla personalità. In seguito, veniva spiegato brevemente al volontario cosa avrebbe visto all'interno della simulazione e le componenti base dell'interfaccia; successivamente veniva fatto ambientare, per circa 3 minuti, mostrando i comandi all'interno della simulazione e infine fatto entrare nella simulazione vera e propria dove avrebbe dovuto viaggiare per circa 18 minuti.

Alla fine della simulazione, veniva somministrato al volontario un altro questionario, composto da domande riguardo la sua condizione fisica in quel momento (malessere, nausea), la sua fiducia nell'automazione dopo l'esperienza, domande sull'esperienza

*The test, in virtual reality, to assess the impact of the interface on trust when using an autonomous car, was administered to 28 volunteers, of which 22 used for scientific purposes. The test consisted of a pre-simulation phase in which the volunteer had to fill in a questionnaire with some personal data, his / her relationship of use with cars and related devices, two types of questionnaire on trust in automation and finally a questionnaire on personality. Later, the volunteer was briefly explained what he would see within the simulation and the basic components of the interface; it was then made to set, for about 3 minutes, showing the commands within the simulation and finally made to enter the real simulation where it would have to travel for about 18 minutes.*

*At the end of the simulation, the volunteer was given another questionnaire, consisting of questions about his physical condition at that moment (nausea), his trust in automation after the experience, questions about the augmented reality experience itself and on the interface.*

stessa di realtà aumentata e sull'interfaccia.

I risultati dei questionari mostrano che i dati sul maledere post simulazione e sulla veridicità della simulazione sono positivi, validando il test.

Per quanto riguarda, in generale, la fiducia nell'automazione, valutata dopo la simulazione, dei volontari, si ha un buon risultato, con un alto livello di fiducia riscontrato, in cui nessuno ha dato una valutazione minore di 3 su 5.

Infine le valutazioni sull'interfaccia hanno dato risultati positivi nei parametri di: chiarezza, efficienza e affidabilità; con delle mancanze nei parametri di: attrattiva, stimolazione e innovazione. Possiamo ipotizzare che queste mancanze siano date dalle limitate potenzialità del software di simulazione, che non hanno permesso un'implementazione coerente con i canoni stilistici del progetto, ma solamente la sua riproduzione funzionale.

*The results of the questionnaires show that the data on post-simulation nausea and on the veracity of the simulation are positive, validating the test.*

*As regards, in general, the trust in automation, evaluated after the simulation, of the volunteers, there is a good result, with a high level of trust found, in which no one has given a rating of less than 3 out of 5.*

*Finally, the evaluation on the interface gave positive results in the parameters of: clarity, efficiency and reliability; with deficiencies in the parameters of: attractiveness, stimulation and innovation. We can hypothesize that these shortcomings are given by the limited potential of the simulation software, which did not allow an implementation consistent with the stylistic canons of the project, but only its functional reproduction.*

# 11

## Bibliografia e sitografia

Bibliography and sitography

# Bibliografia

## Bibliography

- Anderson, J.M., Kalra, N., Stanley K.D., Sorensen P., Samaras, C., & Oluwatola, O.A. (2014). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers, Brief History and Current State of Autonomous Vehicles*. RAND Corporation.
- Bachute, M. R., & Subhedar, J. M. (2021). *Autonomous Driving Architectures: Insights of Machine Learning and Deep Learning Algorithms*. *Machine Learning with Applications*, 6, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100164>
- Barber, B. (1983). *The logic and limits of trust*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Brewster, S.A. (1997). *Using non-speech sound to overcome information overload*. *Displays*, 17(3–4), 179–189. [https://doi.org/10.1016/S0141-9382\(96\)01034-7](https://doi.org/10.1016/S0141-9382(96)01034-7)
- Cassell, J., & Bickmore, T. (2000). *External manifestations of trustworthiness in the interface*. *Communications of the ACM*, 43(12), 50–56. <https://doi.org/10.1145/355112.355123>
- Detti, T., Gozzini, G. (2009). *La rivoluzione industriale tra l'Europa e il mondo*. Mondadori.
- Ekman, F., Johansson, M., & Sochor, J. (2018). *Creating appropriate trust in automated vehicle systems: A framework for HMI design*. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 48(1), 95–101. <https://doi.org/10.1109/THMS.2017.2776209>
- Entin, E. B., Entin, E. E., & Serfaty, D. (1996). *Optimizing aided target-recognition performance*. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Fogg, B. J., Marshall, J., Laraki, O., Osipovich, A., Varma, C., Fang, N., Paul, J., Rangnekar, A., Shon, J., Swani, P., & Treinen, M. (2001). *What Makes Web Sites Credible? A Report on a Large Quantitative Study*. [www.webcredibility.org](http://www.webcredibility.org)

Haeuslschmid, R., von Buelow, M., Pfleging, B., & Butz, A. (2017). *Supporting Trust in Autonomous Driving*. Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces. <https://doi.org/10.1145/3025171>

Jian, J.-Y., Bisantz, A. M., & Drury, C. G. (2000). *Foundations for an Empirically Determined Scale of Trust in Automated Systems*. International Journal of Cognitive Ergonomics, 4(1), 53–71. [https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0401\\_04](https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0401_04)

Karvonen, K., & Parkkinen, J. (2001). *Signs of trust: A semiotic study of trust formation in the Web*. In M. J. Smith, G. Salvendy, D. Harris, & R. J. Koubek (Eds.), First International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Keller, F. J. (1935). *Grappling With the Youth Problem*. The Vocational Guidance Magazine, 13(4), 293–317. <https://doi.org/10.1002/J.2164-5884.1935.TB00664.X>

Kim, J., & Moon, J.Y. (1998). *Designing towards emotional usability in customer interfaces - Trustworthiness of cyber-banking system interfaces*. Interacting with Computers, 10(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(97\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(97)00037-4)

Kohn, S. C., de Visser, E. J., Wiese, E., Lee, Y. C., & Shaw, T. H. (2021). *Measurement of Trust in Automation: A Narrative Review and Reference Guide*. In Frontiers in Psychology (Vol. 12). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.604977>

Kröger, F (2015). *Autonomous Driving - Technical, Legal and Social Aspects Automated, Driving in Its Social, Historical and Cultural Contexts*. SpringerOpen.

Lee, John D., See, Katrina A., (2004). *Trust in Automation Designing for Appropriate Reliance*. [https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.50\\_30392](https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.50_30392)

Lutin J.M., Kornhauser A.L. & Lerner-Lam, E. (2013). *The revolutionary development of self-driving vehicles and implications for the transportation engineering profession*. <https://www.researchgate.net/directory/publications>.

MacMillan, J., Entin, E. B., & Serfaty, D. (1994). *Operator reliance on automated support for target acquisition*. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human

Factors and Ergonomics Society. <https://doi.org/10.1177/154193129403801908>

Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). *An Integrative Model Of Organizational Trust*. [Https://Doi.Org/10.5465/Amr.1995.9508080335](https://doi.org/10.5465/AMR.1995.9508080335), 20(3), 709–734. <https://doi.org/10.5465/AMR.1995.9508080335>

Montgomery, D.A., & Sorkin, R. D. (1996). *Observer sensitivity to element reliability in a multielement visual display*. Human Factors. <https://doi.org/10.1518/001872096778702024>

Moorman, C., Deshpande, R., & Zaltman, G. (1993). *Factors affecting trust in market-research relationships*. Journal of Marketing.

Nass, C., & Lee, K. M. (2001). *Does Computer-Synthesized Speech Manifest Personality? Experimental Tests of Recognition, Similarity-Attraction, and Consistency-Attraction*. Journal of Experimental Psychology: Applied, 7(3), 171–181. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.7.3.171>

Nielsen, L. (2019). *Personas - User focused design*. Human - computer interaction series, Springer. <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-7427-1>

Norton, P. D. (2008). *Fighting Traffic - The Dawn of the Motor Age in the American City*. MIT Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt5hhckp>

Ockerman, J. J. (1999). *Over-reliance issues with task-guidance systems*. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society. <https://doi.org/10.1177/154193129904302205>

Oliveira, A.G., Iano, Y., Pajuelo, D., Monteiro, A.C.B., França, R.P. & de Oliveira G.G. (2020). *A Look at the Evolution of Autonomous Cars and Its Impact on Society Along with Their Perspective on Future Mobility*. SpringerOpen.

Ondruš, J., Kolla, E., Vertal, P. & Šarić, Ž. (2020). *How Do Autonomous Cars Work?*. Transportation Research Procedia. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.049>

Paddeu, D., Parkhurst, G., & Shergold, I. (2020). *Passenger comfort and trust on first-time use of a shared autonomous shuttle vehicle*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 115, 102604. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.02.026>

Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). *Emotional sounds and the brain: The neuro-affective foundations of musical appreciation*. Behavioural Processes, 60(2), 133–155. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00080-3)

Rempel, J. K., Holmes, J. G., & Zanna, M. P. (1985). *Trust in close relationships*. Journal of Personality and Social Psychology.

Rottensteiner, F. (2005). *Prefazione alla ristampa tedesca di Utopolis*. edizioni SHAYOL.

Tan, H., Zhao, X., Zhao, X., (2022). *Exploring the influence of anxiety, pleasure and subjective knowledge on public acceptance of fully autonomous vehicles*. Computers in Human Behavior, Vol. 131, DOI: 10.1016/J.CHB.2022.107187.

Waytz, A., Cacioppo, J., & Epley, N. (2010). *Who Sees Human? The Stability and Importance of Individual Differences in Anthropomorphism*. Perspectives on Psychological Science : A Journal of the Association for Psychological Science, 5(3), 219–232. <https://doi.org/10.1177/1745691610369336>

Yeh, M., & Wickens, C. D. (2001). *Display signaling in augmented reality: effects of cue reliability and image realism on attention allocation and trust calibration*. Human Factors, 43(3), 355–365. <https://doi.org/10.1518/001872001775898269>

# Sitografia

## Sitography

BMW Group. (n.d.). *The BMW Vision iNEXT - future focused.* <https://www.bmwgroup.com/en/innovation/design/concepts-and-visions/bmw-vision-i-next.html>

Britannica. (n.d.). *human-machine interface, computing.* <https://www.britannica.com/technology/human-machine-interface>

Cadillac. (n.d.). *2023 Cadillac Lyriq Electric SUV Model overview.* <https://www.cadillac.com/electric/lyriq>

Cadillac. (n.d.). *Cadillac Introduces InnerSpace Autonomous Concept at CES 2022.* <https://media.cadillac.com/media/us/en/cadillac/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2022/jan/ces/0105-cadillac-halo.html>

Chrysler. (n.d.). *Chrysler Portal Concept.* <https://iimediaevents.com/chryslerportalconcept/>

DS Automobiles. (2020). *DS AERO SPORT LOUNGE: IL NUOVO CONCEPT.* <https://www.dsautomobiles.it/universo-ds/news-ds/ds-aero-sport-lounge.html>

Honda Global. (2021). *Honda to Begin sales of legend with new honda sensing elite.* <https://global.honda/newsroom/news/2021/4210304eng-legend.html>

Hyundai. (n.d.). *IONIQ 5 SUV Crossover 100% elettrico.* <https://www.hyundai.com/it/models/nuova-ioniq>

KIA Europe. (n.d.). *EV9 Concept.* <https://www.kia.com/it/tutto-su-kia/sustainability/EV9-concept-unveil/>

Lucid Motors. (n.d.). *Dream ahead.* <https://www.lucidmotors.com/air/dream-edition/>

Mercedes-Benz. (n.d.). *Vision EQS.* <https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/passenger-cars/concept-cars/vision-eqs/>

Peugeot. (n.d.). *Concept peugeot instinct*. <https://www.peugeot.it/marca/innovazione/concept-cars/peugeot-instinct-concept.html>

Polestar.(n.d.). *Polestar 2 La nostra auto 100% elettrica*. <https://www.polestar.com/it-ch/polestar-2/>

SAE International. (2021). *SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience*. <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>

Skoda. (n.d.). *ŠKODA VISION iV, il futuro della Mobilità Elettrica*. <https://www.skoda-auto.it/mondo-skoda/prototipi>

Tesla Italia. (n.d.). *Model X*. [https://www.tesla.com/it\\_it/modelx](https://www.tesla.com/it_it/modelx)

Tesla. (n.d.). *Tesla's mission is to accelerate the world's transition to sustainable energy*. <https://www.tesla.com/about>

Treccani. (2021). *Interfaccia in Vocabolario*. <https://www.treccani.it/vocabolario/interfaccia/>

Waymo. (n.d.). *Homepage*. <https://waymo.com/company/>

Zoox. (n.d.) *Homepage*. <https://zoox.com/>



# Ringraziamenti

E quindi, come ci sono arrivata fin qua? All'asilo le maestre ci chiesero di disegnare un pagliaccio e il mio era uscito talmente bene che me lo fecero disegnare sulla finestra, con quei pennarelli lavabili. Da quel momento ho capito quanto mi piacesse disegnare. Mentre crescevo, dicevo che da grande sarei diventata un'artista, ma mi accorgevo che nell'arte mancava qualcosa e, a dire la verità, non sono brava a dipingere. A 7 anni mi regalarono un kit per il "piccolo scienziato". Iniziai a scoprire la scienza, iniziai a dire che da grande sarei diventata un inventore. Ma che significa? Ovviamente non lo sapevo nemmeno io. Tutti mi dicevano che per inventare dovevo essere ingegnere. Ma l'arte? non potevo abbandonarla. A 12 anni, dopo aver visitato il museo di Leonardo da Vinci, ho capito che l'arte e la tecnica possono esistere in un unico mondo, quello è il design. Design, ecco, l'avevo trovato. In terza media, non vedeva l'ora di andare all'università e studiare design, era il mio sogno. E ora, finalmente, quel sogno che partì da una bambina dell'asilo che disegnò un semplice pagliaccio, si avvera.

Però è stato un percorso con tanti ostacoli e devo ammettere che alcuni non sono riuscita a superarli, ma sono stati proprio quegli ostacoli che mi hanno fatto cambiare strade e portato dove sono ora. Tutto è stato possibile grazie ad alcune persone importanti che mi hanno guidato e sostenuto durante questo viaggio.

Prima di tutto voglio ringraziare la persona che ci ha seguito durante la scrittura di questo pacco chiamato tesi, il professore **Andrea Di Salvo**, grazie alla tua professionalità, ma anche empatia. Ringrazio anche **Gabriele**, del Dipartimento di Automatica e Informatica, per aver dimostrato che designer e ingegneri, collaborando, fanno un ottimo lavoro.

Grazie **Momy**, per la tua forza e vitalità, grazie perché parte del mio coraggio so di averlo preso da te. Grazie **Daddy**, tu mi hai guidato durante le mie indecisioni, le mie preoccupazioni e ansie, e incoraggiato con i tuoi messaggi dicendomi: "Stai tranquilla che comunque vada per me rimani la numero uno". Sappiate entrambi che voi sarete i miei numero uno. Ringrazio anche te, **Danielone**, per avermi insultato e picchiato da bravo fratello minore, sempre con tanto affetto, ma soprattutto per avermi detto che la tua Ate è sempre stata d'ispirazione. **Nonna**, grazie per le tue chiamate e per i tuoi sughi al ragù e ricette che mi hanno fatto sopravvivere in questi due anni dove ho dovuto imparare a cucinare. Vi voglio bene. Ringrazio i miei famigliari, sia quelli bresciani sia gli amici e parenti che si trovano dall'altra parte del mondo, ma che mi sono stati vicino con il pensiero e le preghiere.

Grazie **Mi Fuego**, che mi sei stata vicina fin dall'inizio, tra brevi gite a Torino, messaggi, e

voglie di tornare a casa per rivivere momenti in compagnia. **Rita**, grazie anche a te che con il pensiero mi sei sempre stata vicina. Grazie **Trisha**, per la tua amicizia e vivacità. Grazie **Miriam**, trovare un'amica come te a Torino è stato d'incoraggiamento. Grazie anche alle persone che mi hanno fatto amare Dune ancora di più, grazie per le risate e la vostra simpatia (**Mica, Micha, Jireh, Brayan, Miko, JP**).

Grazie anche a voi, **Amici Biellesi (Chiara, Anna, Andrea S., Andrea T., Dave, John, Sara)** che mi avete distratto durante gli studi con le vostre feste e gite, mi serviva quel tempo di svago, ma soprattutto grazie perché siete stati degli amici quando ancora non conoscevo nessuno e una famiglia quando la mia era lontana.

Grazie alle mie compagne di progetto del primo anno e per alcuni ricordi che non dimenticherò: **Laura** per le focacce e la pasta con patate, **Maira** per averci ospitato le due notti prima dell'esame e **Giusy** per le splendide idee di fare aperitivo e seguire lezione online, beccandoci poi un temporale. Grazie anche al nuovo gruppo di progetto allargato, diventando poi i **Puffafferi (Luisa, Giulia, Agata, Fabiana, Laura Sofia, Valeria)**, alle serate karaoke, cinema e aperitivi in casa. Ringrazio anche te, **Leo**, per aver riempito gli ultimi mesi di università con ricordi speciali.

Ringrazio i **Broski (Michele, Edoardo, Federica, Valentino, Matteo, Diletta, Benedetta)**, per le nottate a fare finta di lavorare seriamente per l'ASP, ma soprattutto per le serate durante le school a base di buffet illimitato.

Ringrazio **Alessia**, per la tua pazienza, sia nel leggere e correggere la tesi, ma soprattutto nel registrare i mille audio per la voce perfetta di Daisy. Ovviamente ringrazio il mio compagno di Tesi, **Ruggero**, ringrazio quella sera che siamo usciti al cinema e nella sua disperazione ha proposto di scrivere la tesi insieme. Grazie davvero, per esserti fidato di me. Senza di te non mi sarei mai laureata ora.

Grazie a tutte le persone che, in un modo o in un altro, hanno vissuto con me questi anni da studentessa universitaria.

Grazie, sinceramente  
**Sarah Joy**

# Ringraziamenti

Ah! Siamo arrivati ai ringraziamenti, forse una delle parti più difficili da scrivere in una tesi, infatti nella tesi di laurea triennale non l'ho fatto. Ma perché è così difficile? Forse perché non si vuole lasciare nessuno indietro, si ha paura di non ringraziare qualcuno, dimenticarlo, o non dare la giusta importanza alle persone. Per questo in cuor mio e lo scrivo, questa pagina di ringraziamenti vuol rappresentare un **punto** alla fine di un arco narrativo della mia vita, gli anni della mia crescita e dello studio. Gli anni passati a Torino.

Iniziamo con i ringraziamenti più semplici perché di rito, un grazie immenso al Mitico (Professor) **Andrea Di Salvo** che mi ha accompagnato durante questo anno di tesi e anche durante gli anni universitari; non sono solo di rito sono anche sentiti, veramente, grazie. Un ringraziamento anche al Dipartimento di Automatica e Informatica, nelle figure del Professor **Lamberti** e di **Gabriele**, con cui abbiamo collaborato per la riuscita del progetto.

L'11 Febbraio 2022 è stato un giorno importante per questa tesi, è stato il giorno in cui **Sarah Joy** l'ha salvata, ma soprattutto, mi ha salvato, il giorno in cui le ho chiesto di partecipare alla tesi. Impossibile negare il fatto che senza di lei non ce l'avrei fatta, sia materialmente che spiritualmente, i giorni passati a lavorare insieme sono stati pesanti, ma belli. È stato un piacere lavorare con un'amica, grazie.

Ok, ce l'ho fatta, ho finito gli studi universitari, ma questo non sarebbe avvenuto senza di loro, i miei genitori, **mamma Rita** e **papà Biagio**. Credo avessero il terrore che non sarebbe mai accaduto, ma è grazie a loro che ho studiato, che ho continuato a studiare e che mi hanno insegnato ad andare avanti.

Un grazie a mio fratello **Cosimo**, che mi ha aperto sempre la strada mostrandomi cosa c'è dopo. Un grazie a **Margherita**, che è presente. Un grazie a **Gea** che esiste e un grazie a **Giona** che esisterà.

Non posso che ringraziare **Totò**, se lui non fosse venuto a Torino prima di me, mai mi sarebbe venuto in mente di venirci a studiare. E un grazie a **Giulio** che alla mia proposta di venire a studiare a Torino ha detto sì; senza di lui io non avrei mai avuto il coraggio da solo. E voglio ringraziare anche **Giorgia**, che mi ha accompagnato durante la mia tesi triennale e, come detto prima, ai tempi non l'ho fatto per iscritto.

Un grazie particolare a **Giusy, Laura e Maira** che mi hanno traghettato nel mio ultimo anno di esami e gruppi, menzione d'onore a **Leonardo e Luisa** che mi hanno fatto passare

delle belle serate di discussioni, e in generale un grande grazie al gruppo **Puffaffero** e ai colleghi di corso.

Passiamo alla sezione fuori Torino.

**Giacomo**, grazie per il pensiero critico; **Riccardo**, grazie per sfidare le mie critiche; **Samira**, grazie per appoggiare le mie critiche; **Sofia**, grazie per criticarmi e infine **Tommaso**, grazie per ignorare le mie critiche. Vi voglio bene. Grazie **Katia**. Impossibile non ringraziare anche tutti i membri della mia classe del liceo, **Ohana**, senza di voi sarei ancora in terza superiore.

Un pensiero alla **Sicilia** e alle bellissime persone che ci sono, che ogni anno mi hanno fatto distrarre per un mese, molto probabilmente anche quando avrei dovuto studiare. Grazie **Campetto**, grazie **Ciccio**.

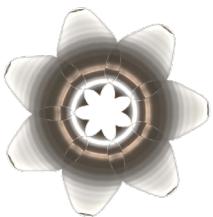
Un grazie anche alla **famiglia Fratini** che mi ha ospitato per un mese durante il nostro "periodo covid", dandomi tutto il necessario per portare avanti la tesi. Devo ringraziare anche la **famiglia di Sarah**, che ci ha supportato.

Un grazie a **tutti** quelli che vogliono essere ringraziati.

E adesso i ringraziamenti più difficili, i ringraziamenti all'**Alessia**; non sono difficili perché non so cosa dire, ma al contrario perché c'è un'infinità di cose da dire, che non riesco ad esprimere con le parole, forse dovrei imparare la Treccani a memoria, fino a che dopo maiale, Majakovskij, malfatto gli altri continueranno a leggermi matto. Matto perché solo un matto può pensare che non vivo più senza te, ma quel matto mi conosce perché ha detto una cosa vera. Grazie per aiutarmi a scrivere, per aiutarmi a progettare, per dare la voce a Daisy, per sopportarmi, per spronarmi, per farmi nuotare, per aiutarmi ad andare avanti, per farmi respirare, per amarmi, per tutto. Sei più che speciale, sei unica.

Infine un grazie speciale a **Torino**, che mi ha ospitato per 8 anni, sperando che sotto il **punto** compaia almeno una **virgola**.

Grazie,  
**Ruggero Archimede Ducezio**



D A I S Y