

Session n°5 : l'automobile un transport collectif d'avenir ?

Introduction : Faut-il supprimer l'automobile pour atteindre le zéro-émission 2050 ?

C. Midler

Directeur de recherche émérite

CRG – I³
CNRS Ecole Polytechnique

Membre de l'Académie des Technologies



1. LE MOMENTUM ACTUEL DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE



	1950-1970 Développement des capacités de production auto	1980-1995 Focus sur la performance de développement produits	1995-2010's Focus sur la performance de mangt multi-projet	2010' 2040 Disruption systémique
Inno strategy Context	- Marché de pénurie - Création de la segmentation des produits - Focus sur la fabrication de masse	- Marché demand pull - élargissement des gammes - Différenciation des produits - Automatisation flexible - Performance de développement produit centrale	- Croissance innovation push - créativité perfo centrale - Recherche d'économies d'échelle interproduits - Stratégie d'innovations "pluggées"	- Emissions CO2 et électrification : De 2% à 100% e-vh en 2035 - Nouveau stade de globalization (Asie > triade) - Du BM produit en B2C au BM service de mobilité - Nouveaux compétiteurs de l'univers du numérique
Internal Inno processes and orga	- Les projets de développement, terrain de jeu de l'innovation technique - Organisation en silos et processus séquentiels - Mauvaises performances qualité cout délais des projets de développement produit	- Découplage innovation techno et développement produit - Les structures projets fortes - Ingénierie concourante	- Rationalisation de l'ingénierie multiproduits (plateformes) - Stage gate processes (explo, adv eng, veh devpt) - Focus sur l'organisation de l'amont créatif	- Nécessité d'un changement majeur dans les stratégies et le management de l'innovation automobile
Open innovation	- Les fournisseurs, fabricants de composants	- Co-développement avec les fournisseurs de rang 1	- Co-innovation avec les fournisseurs	- De la chaîne de valeur pilotée par les OEMs au mangt d'écosystèmes complexes (opérateurs, AOM, tech firms)



- **Faut-il supprimer l'automobile pour atteindre le zéro-émission 2050 ?**
- **Qui pilote la transition de l'électrification ?**
- **La fin du modèle BtoC de produits auto au profit des services de mobilité automobile ?**
- **L'intrusion du numérique dans le secteur auto**

FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?



- Giec : 2050 : 1.5 degré = 0 carbon emission in 2050
- Contribution du transport automobile aux émission

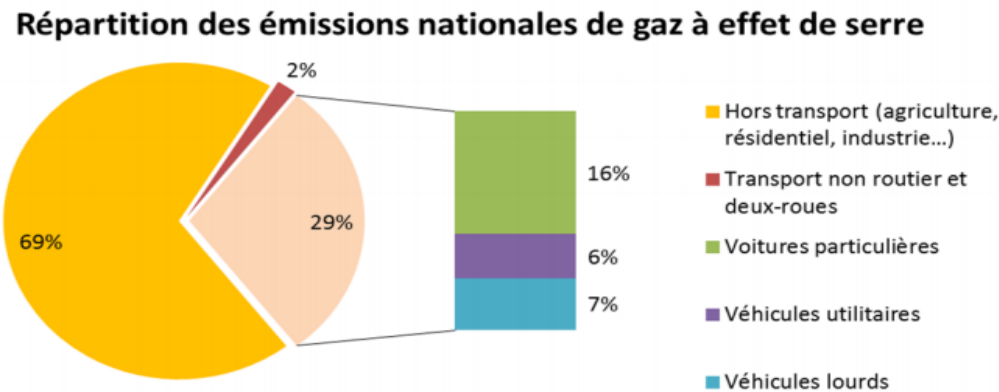


FIGURE 1 – Part du transport dans les émissions nationales de gaz à effet de serre sur le territoire français (hors émissions de CO₂ du transport aérien international⁵).

Source : Chiffres clefs du transport, Datalab 2020

- **2019 parc auto mondial** : 2 milliards vh, 35 million in France, km annuel moyen 13000km, émissions CO₂ parc thermique : **70 MtCO₂**
- **Inertie de la durée de vie du parc en France** : 12 ans => **arrêt des ventes de vh thermiques en 2038**) => **de 2% à 100% de véhicules non polluants en 18 ans...**

FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?



- **Les réponses : mythes et réalités**

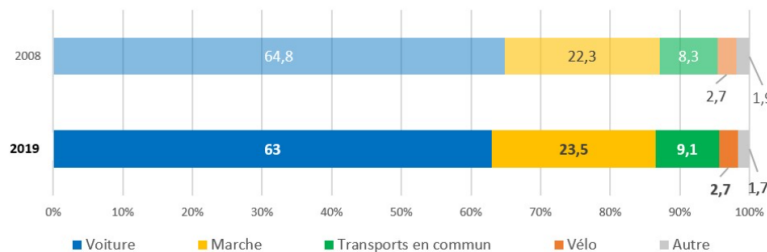
1. Report modal
2. Electrique stockage H2
3. Biocarburants
4. Electrique batteries

FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?

- Les réponses : mythes et réalités : (i) Report modal, oui, mais :



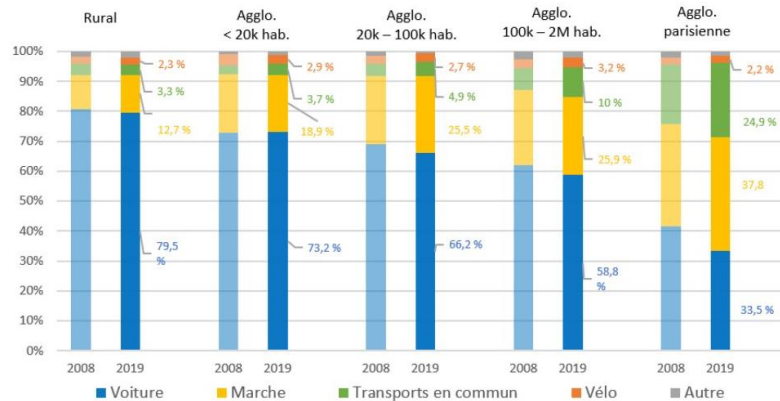
Évolution des parts des modes de transport (en nombre de déplacements) entre 2008 et 2019



Champ : déplacements des individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine. - © Sources : SDES, Enquête mobilité des personnes 2018-2019 ; Insee, Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008 (SOeS - Insee - Inrets).

- Evolutions lentes...

Évolution des parts des modes de transport (en nombre de déplacements) par tranche d'unités urbaines entre 2008 et 2019



Champ : déplacements des individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine. - © Sources : SDES, Enquête mobilité des personnes 2018-2019 ; Insee, Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008 (SOeS - Insee - Inrets).

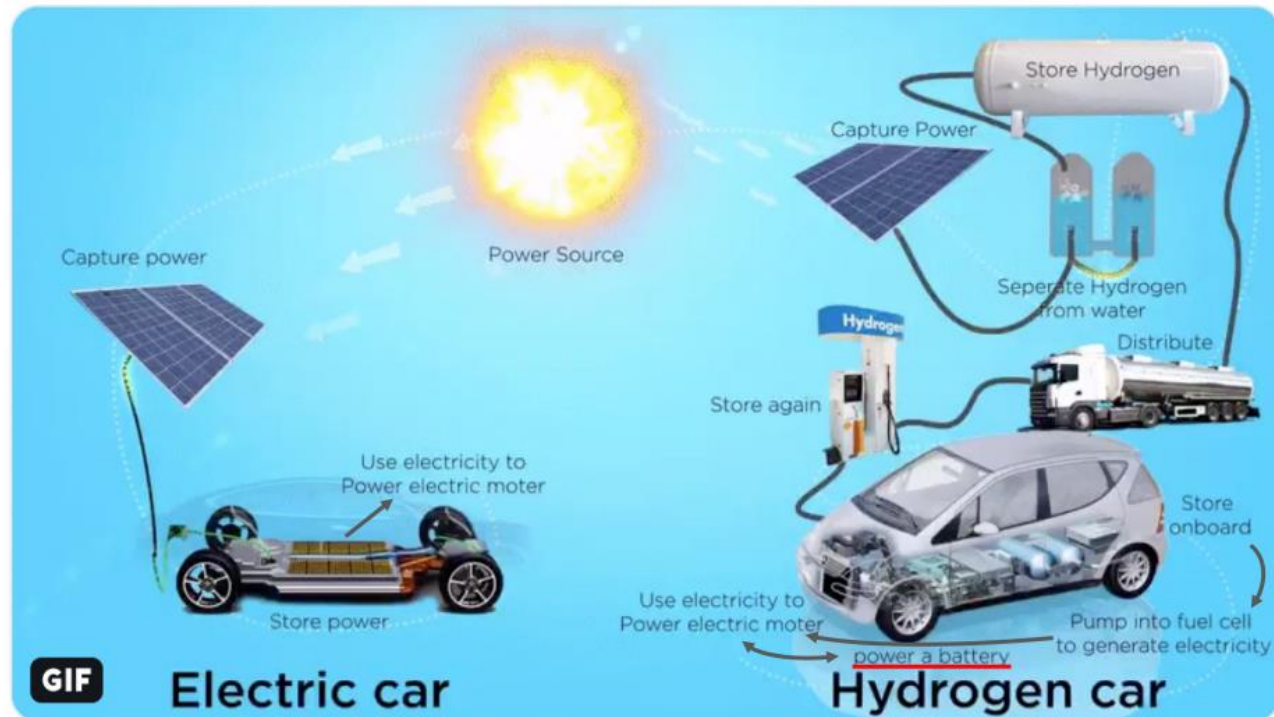
- Surtout les grandes villes
- Et les jeunes...

- Tramway 50 M€/km ;
- metro/RER : 100 M€/km ;
- CdC express : 180 M€/km,
- Grand Paris Express : + 190 M/km

- Saturation de l'offres
- Cout des infrastructures
- Rentabilité des modèles

FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?

- Les réponses : mythes et réalités : (ii) Stockage H₂+pile à combustible



FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?

• Les réponses : mythes et réalités : (ii) Stockage H2+pile a combustible

- Rendement faible de l'H2 vert

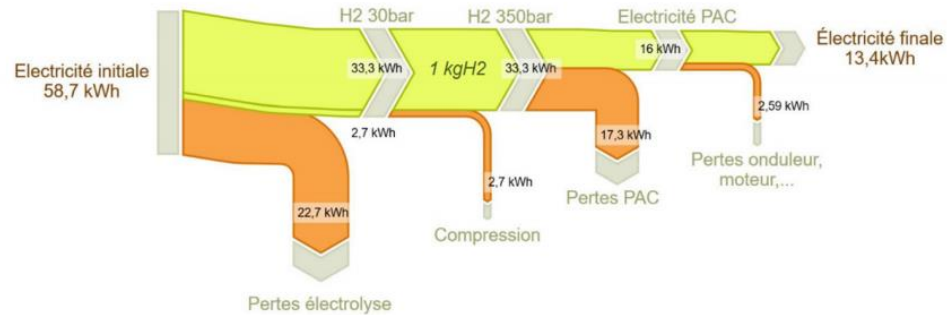


FIGURE 1.3 – Rendement de la chaîne utilisant le dihydrogène comme vecteur énergétique (valeurs pour 1kg d'H₂) - Source : ADEME, 2020

- Distribution, sécurité
- Cout 10 a 15€/km vs 5/8€ pour batterie
- Intrusivité sur l'architecture automobile

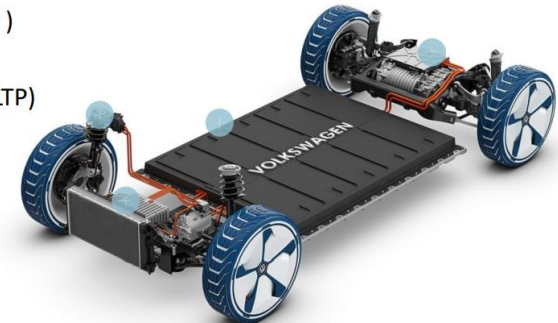
TOYOTA Mirai

- Autonomie 560km (WLTP) pour 5kg H₂
- 0.94kg par 100km (WLTP)



VW ID3 (MEB platform)

Capacité 48 à 82kW.h
Autonomie: 550km (WLTP)



... seulement acceptable pour des (très) grosses voitures

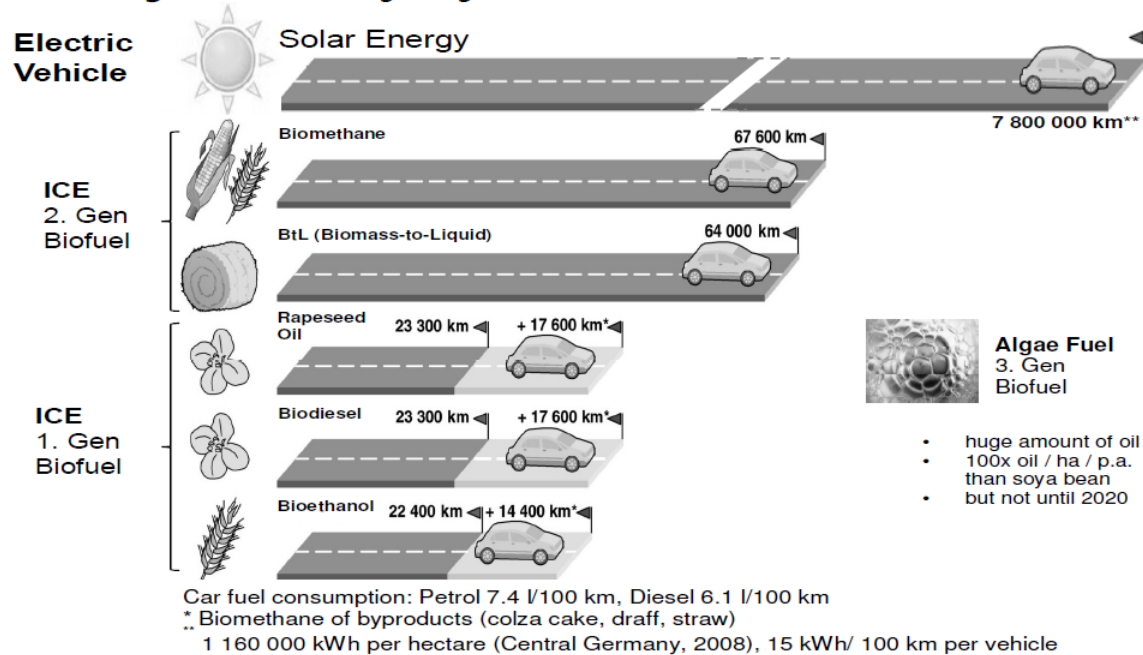
...au contraire des plateformes de véh.électriques

FAUT-IL SUPPRIMER L'AUTOMOBILE POUR ATTEINDRE LE ZÉRO-ÉMISSION 2050 ?

LES RÉPONSES : (III) BIOCARBURANTS : UNE SOLUTION LIMITÉE PAR LE RENDEMENT, LES RISQUES DE FUITE DE METHANE ET L'OCCUPATION DES SOLS



Figure 3: Cruising range to be achieved with one hectare land



Guy Fournier, Henning Hinderer, Daniel Schmid, René Seign, Manuel Baumann (2012): The new mobility paradigm: Transformation of value chain and business models, Enterprise and Work Innovation Studies, 8, IET, pp. 9 - 40.

LE VEHICULE ELECTRIQUE A BATTERIE, SEULE SOLUTION PRATICABLE POUR RÉPONDRE AU CHALLENGE CO2 DANS L'HORIZON 2050



Comparaison des consommation d'énergie au 100km par types de motorisation

- **VE 12kwh**, puissance 3 à 4 kw.
- **H2 50 Kwh**. 1 million de vh H2 = 6.3 Terawhh de production = ½ EPR, 1200 éoliennes, 5.5 Gwath de panneaux solaires
- Carburants de synthèse **4 à 6 fois plus**.

Comparaison émissions CO2 sur le cycle de vie ICE/VE

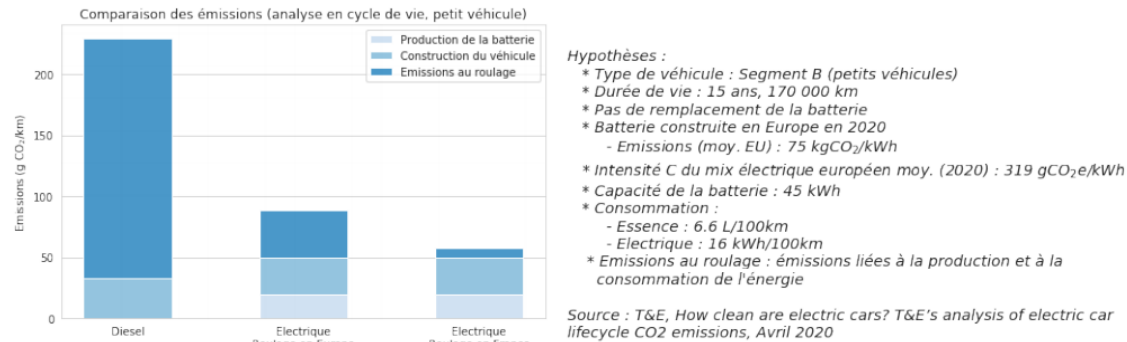
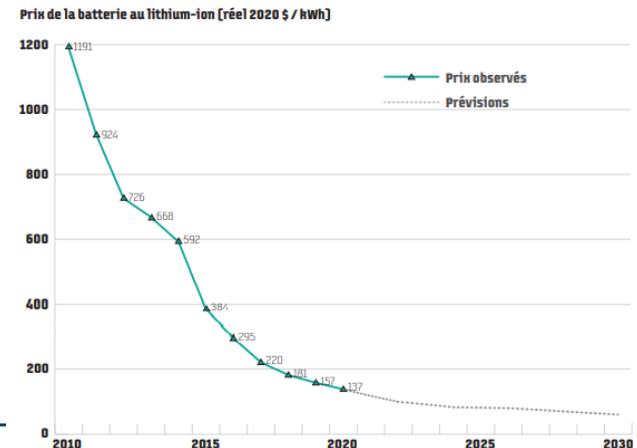


FIGURE 1.7 – Emissions de gaz à effet de serre sur la vie de véhicules thermiques et électriques (ACV réalisée par T&E, Avril 2020).

Coûts / performance des batteries (30/40% coût VE)

- 10% de réduction de coût par an depuis 2010
- 20% d'augmentation de capacité
- Nouvelles chimies en R&D pour répondre aux dépendances de matières rares
- Nouvelle génération « solid state » à 2030, localisé europe



LE VEHICULE ELECTRIQUE A BATTERIE, SEULE SOLUTION PRATICABLE POUR RÉPONDRE AU CHALLENGE CO2 DANS L'HORIZON 2050



Capacités de production d'électricité :

Capacité moyenne : OK 15 millions de vh = 3 à 7% de conso

Pointes : des solutions simples de pilotage de la charge : 1 recharge lente = chauffe eau elec

1 recharge rapide = 2 immeubles de 10 logements

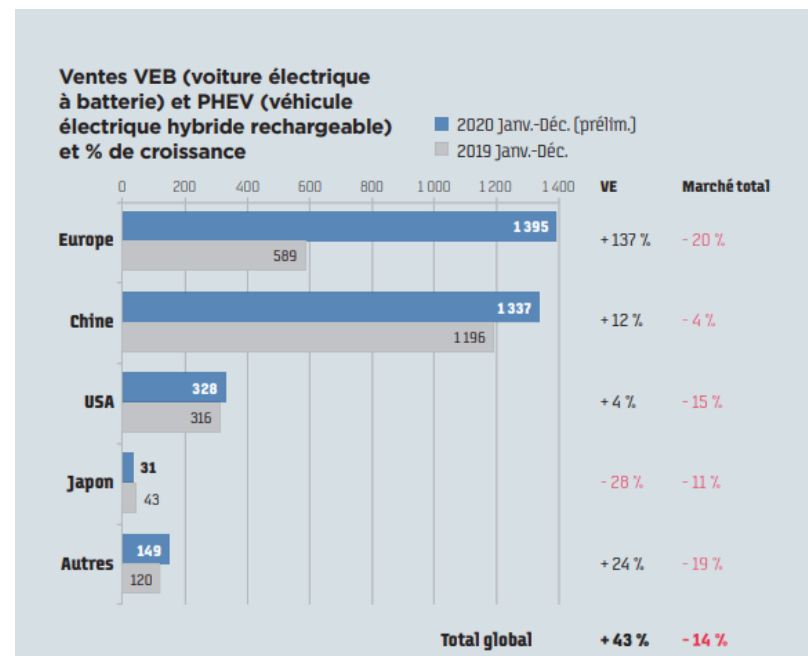
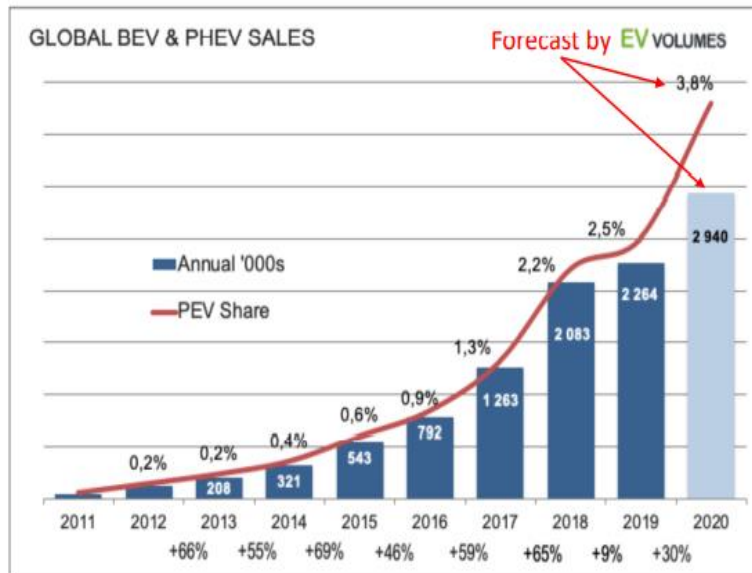
Accès à la recharge

C'est le goulot depuis 2012.

France objectif : passer de 30 000 à 100 000 en 2021 (« irréaliste selon Edf). Objectif 700 000 en 2040 (ratio de la commission européenne).

Allemagne, objectif 1 millions de bornes d'ici 2030, 1000 stations de charge ultrarapide financement fédéral dont plusieurs 100 points de chargement. (en France 80 !!).

L'ELECTRIQUE : DE L'INNOVATION « ÉTERNELLEMENT ÉMERGENTE » AU PASSAGE À L'ÉCHELLE



... et les projections dans les deux décennies à venir

Figure 1 : Ventes annuelles mondiales de véhicules particuliers par type de moteur

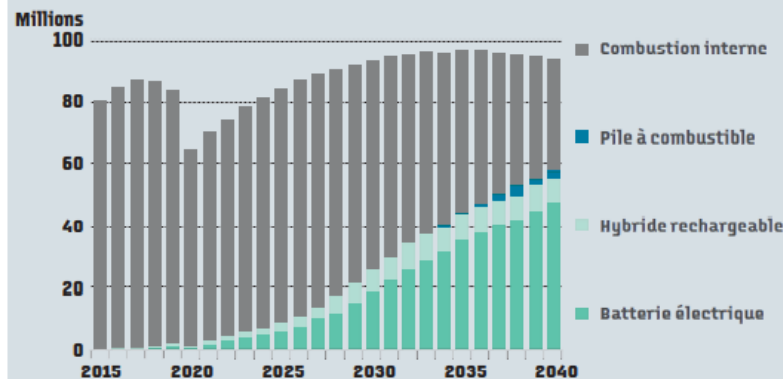
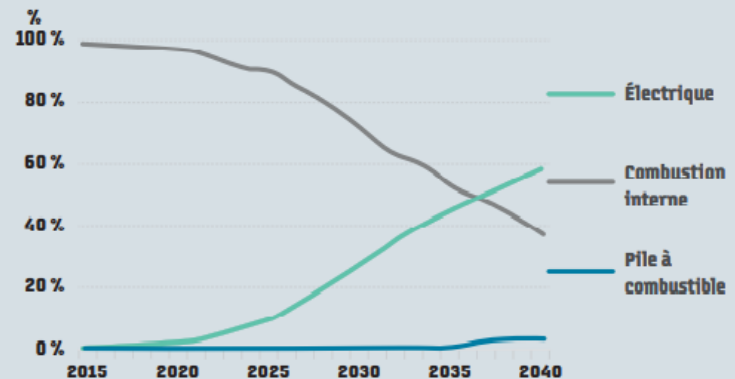


Figure 2 : Part mondiale des ventes annuelles de véhicules de tourisme par type de moteur



Source : BNEF. Note : Electric share of annual sales includes battery electric and plug-in hybrid.

 diction

-  diction

Au niveau local

Marque	Projection CO2 en 2021	Objectif CO2 en 2021	Pénalités	% EBIT 2017
Toyota	87,1	95,1	-	-

- **Conséquence : la compétitivité du secteur et étroitement liée à la pertinence des régulations publiques qui l'encadrent**

FCA	90,0	90	d'euros	20 %
Hyundai / Kia	96,1	94	300 millions d'euros	5 %
Mazda	98,1	94,9	75 millions d'euros	8 %
FCA	98,5	91,8	700 millions d'euros	10 %
Ford	99,8	95,4	430 millions d'euros	10 %
Volkswagen	101,5	97,7	1,4 milliards d'euros	10 %
BMW	104,4	102,4	200 millions d'euros	2 %
Daimler	104,6	102,8	190 millions d'euros	1 %

Country/year	2018	2019	2020	...	2024	2025	...	2030	2040
FR	Paris Grenoble	Lille Bordeaux Toulouse	Strasbourg Diesel ban	Paris Diesel ban	All main cities Grenoble Diesel	Paris ICE ban			National

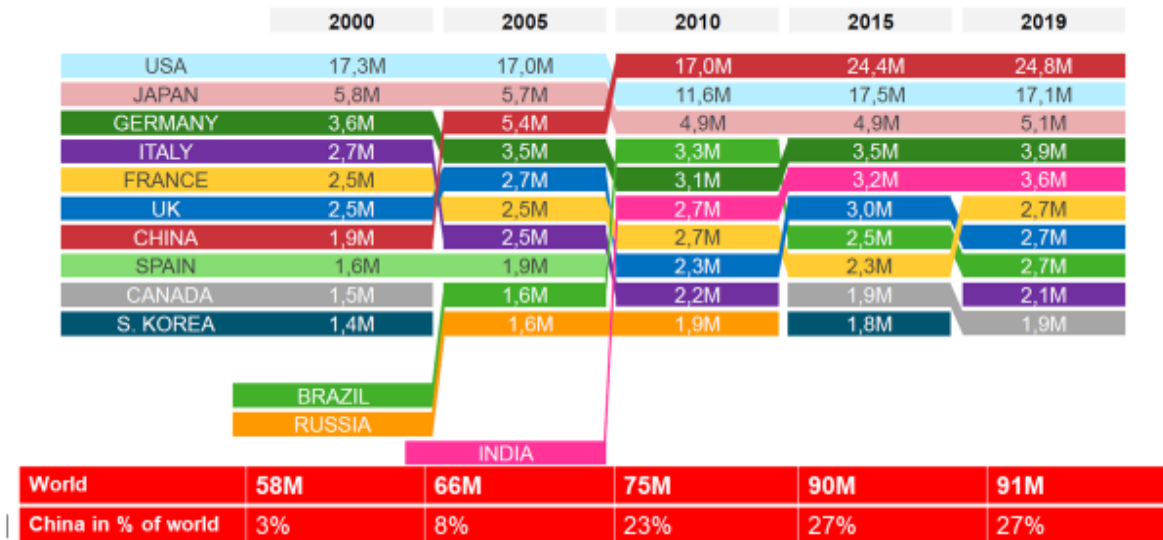
Intensification du secteur et étroitement liée à la réglementation qui l'encadrent

Regular	UK	IT	SP	NW
UK	LEZ + urban toll London Taxi Diesel sales ban	~40 cities	Barcelona Taxi Diesel sales ban	Oslo (PC)
IT	Greater London LEZ, Bristol, Birmingham, Southampton Glasgow, Edinburgh, Leeds	Rome Diesel ban ? All main cities	Madrid PC Diesel ban	
SP			Madrid ICE ban Barcelona	
NW				National ICE sales ban

+ LEZ before 2018
 + LEZ under study / announced / internal CIPE scenario
 + Diesel circulation ban
 + ICE circulation ban
 + Diesel < euro 6 ban during pollution peaks
 + ZEZ in city centres

QUI PILOTE LA TRANSITION ? LA CHINE, LOCOMOTIVE DE L'ELECTRIFICATION

Le basculement du marché vers l'asie et la Chine



La Chine, non seulement un marché mais aussi des concurrents

25.778 exemplaires (2 fois Tesla) de la Wuling Mini EV vendu en janvier 2021 à 3700€.

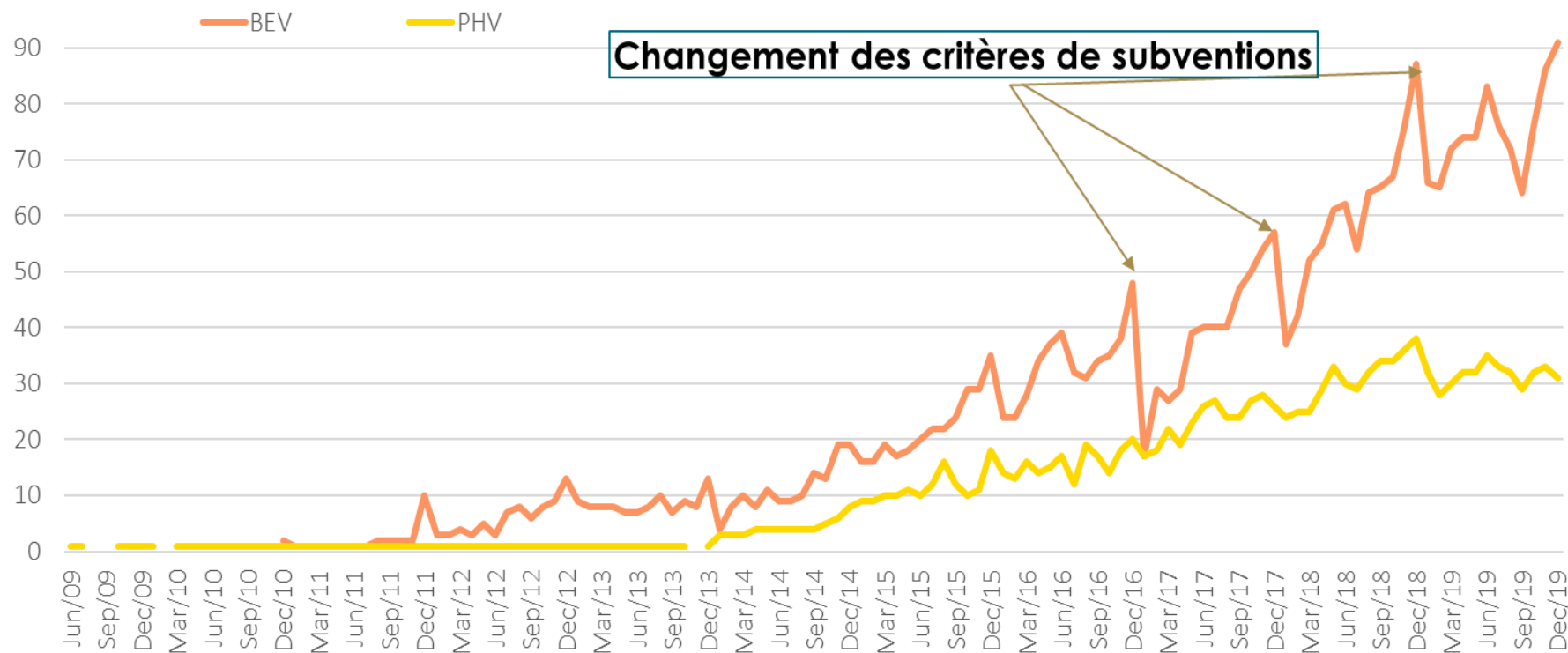


QUI PILOTE LA TRANSITION ? LA CHINE, LOCOMOTIVE DE L'ELECTRIFICATION

Reglementation Chinoise Corporate average fuel Consumption (CAFC)
+ incitations qui poussent à l'amélioration des performances
+ credits de commercialisation



CHINE : LA SÉVÉRISATION DES SUBVENTIONS AUX VE POUSSE LES MOINS BONS HORS DU MARCHÉ - Temporairement ou Définitivement



Nombre de modèles de véhicules électriques homologués et vendus en Chine

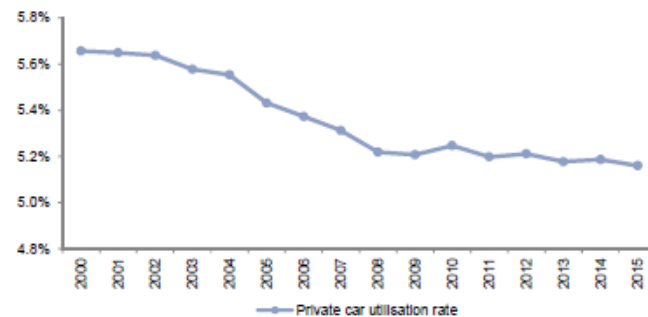
Source : Christophe de Charentenay

LA FIN DU MODELE DE VENTE DE PRODUIT AUTO EN B2C ET LA MONTEE DES SERVICES DE MOBILITÉ AUTOMOBILE ?



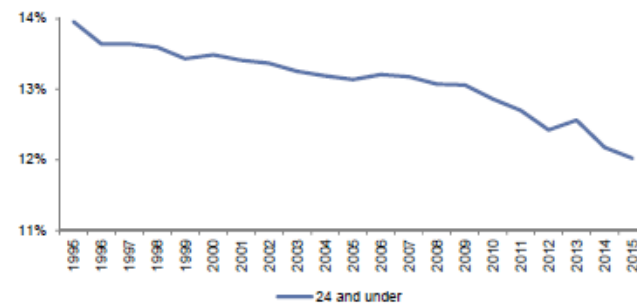
- La montée en puissance des services de mobilité

Exhibit 56: Car utilization is declining
Car utilization rate (US)

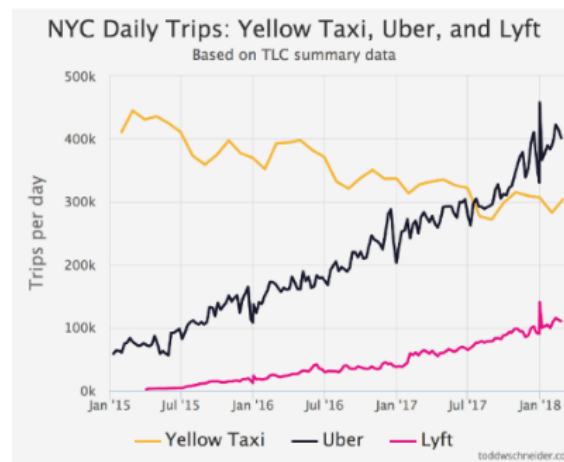


Source: Federal Highway Administration, IHS, Goldman Sachs Global Investment Research.

Exhibit 57: The young are forgoing drivers' licenses
Under 24s as % of US drivers' license holders



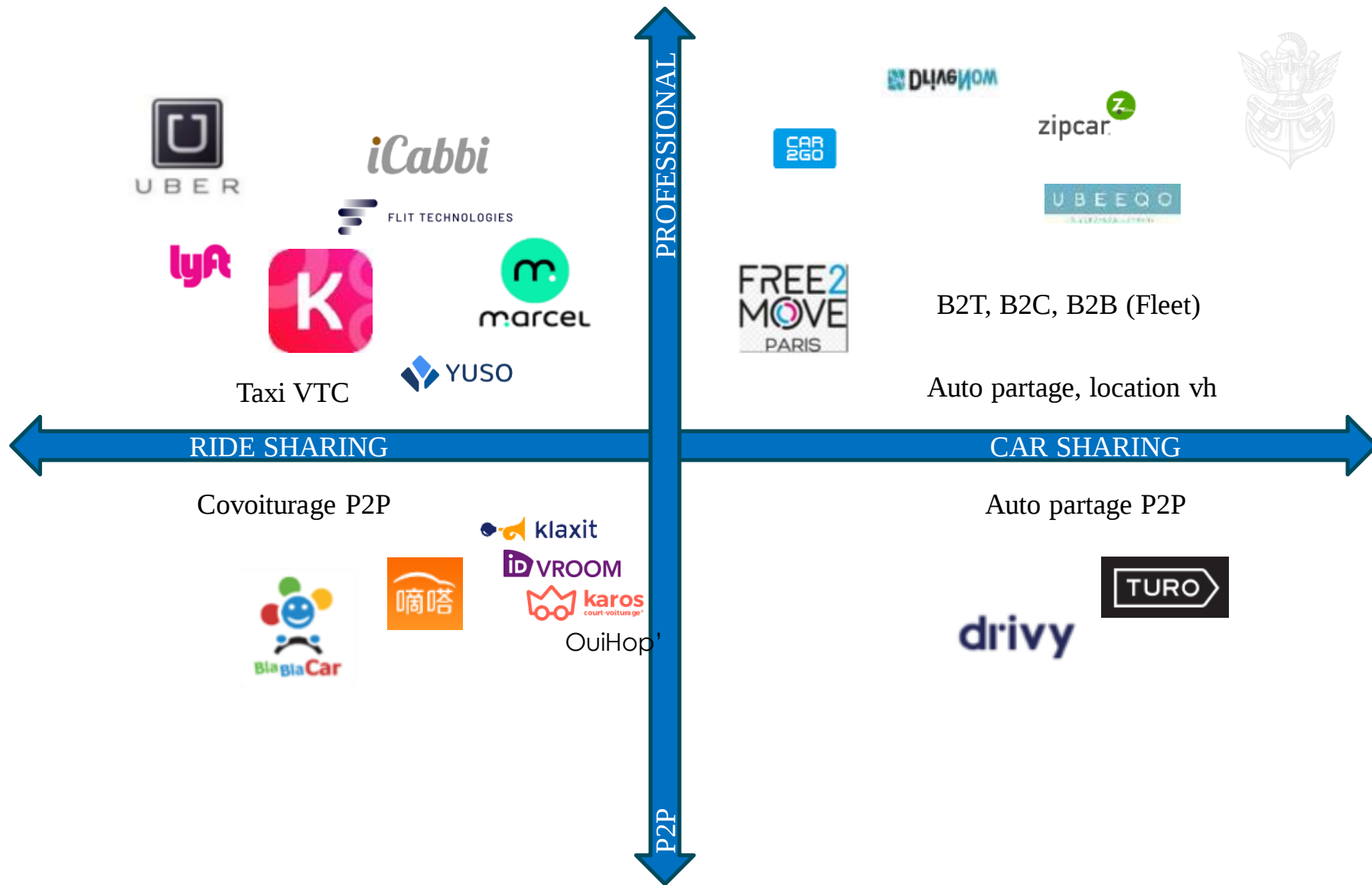
Source: Federal Highway Administration



Pourquoi ?

- Ap personnalisée
- Réactif 24x7
- Transparent
- Pratique
- Intégré avec d'autres apps
- Réduction du coût (pool)

LA VARIÉTÉ DE FORMULES DE SERVICES DE MOBILITÉ ET DE MODÈLES ÉCONOMIQUES



Patrick Vergelas, IMD juillet 2019

LE DÉVELOPPEMENT DES SERVICES DE MOBILITÉ IMPLIQUE UNE COOPÉRATION NOUVELLE ENTRE LES MONDES AUPARAVANT ISOLÉ DES POUVOIRS PUBLICS, DES CONSTRUCTEURS, OPÉRATEURS, PLATEFORMES...



Le développement non régulé du marché des services ne résoud pas les problèmes de congestion

L'impact des VTCs à New York

Manhattan (Juin 2013 → Juin 2017)

	<u>8h-19h</u>	<u>15h-19h</u>
• Courses Taxis + VTCs	+ 15%	+ 37%
• Vitesse moyenne	- 18%	- 19%
• Temps total en circulation	+ 61%	+ 96%

Le vecteur service automobile peut constituer des réponses efficaces à explorer



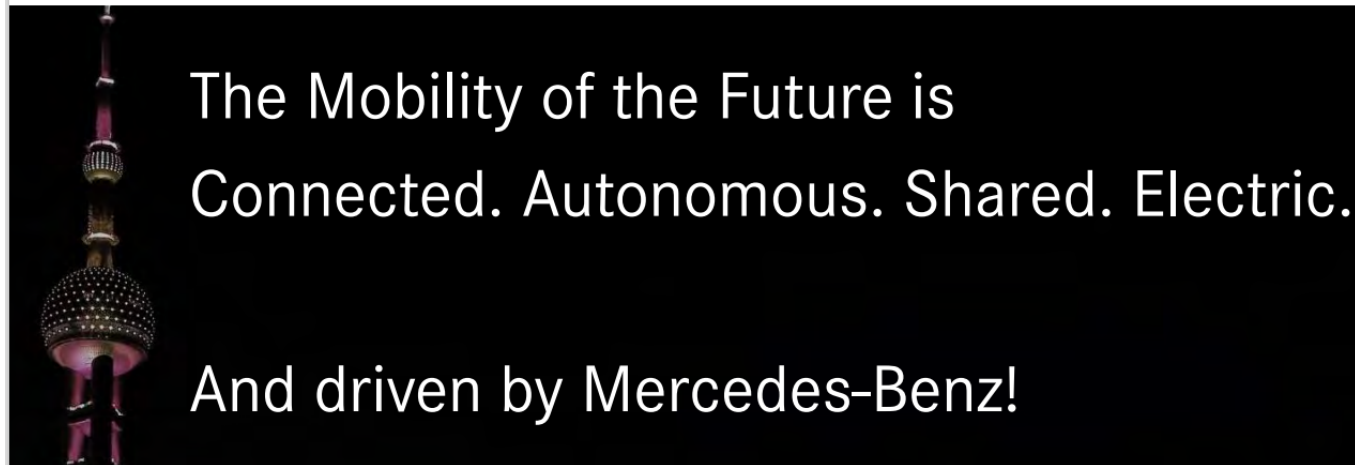
L'INTRUSION DE L'ÉLECTRONIQUE ET NUMÉRIQUE DANS L'AUTOMOBILE



Un développement ancien

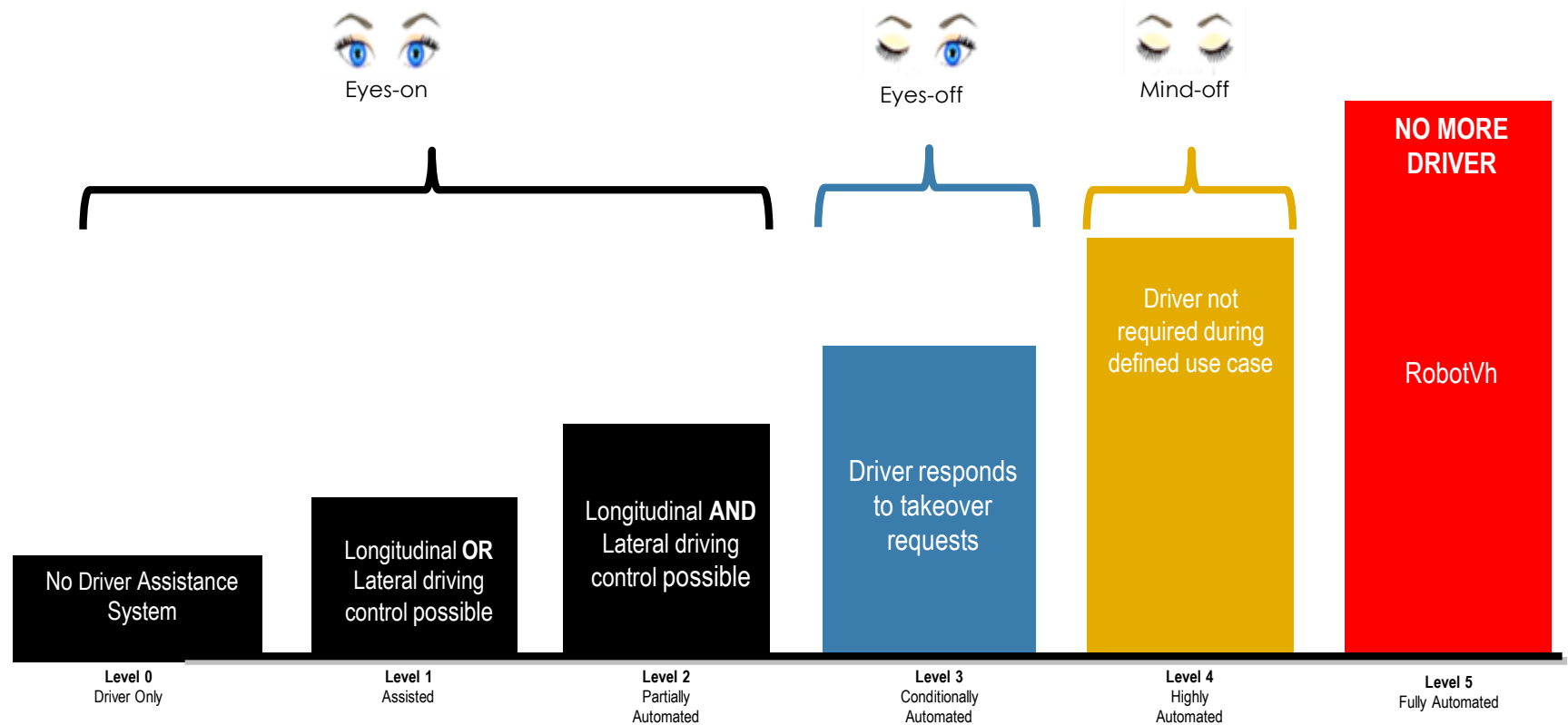
Des Aides à la Conduite au véhicule autonome

Le PDG de Daimler (Sept. 2016)



L'INTRUSION DES ACTEURS DE LA TECH ET DU NUMERIQUE DANS L'UNIVERS AUTOMOBILE

Vision centrée Véhicule autonome





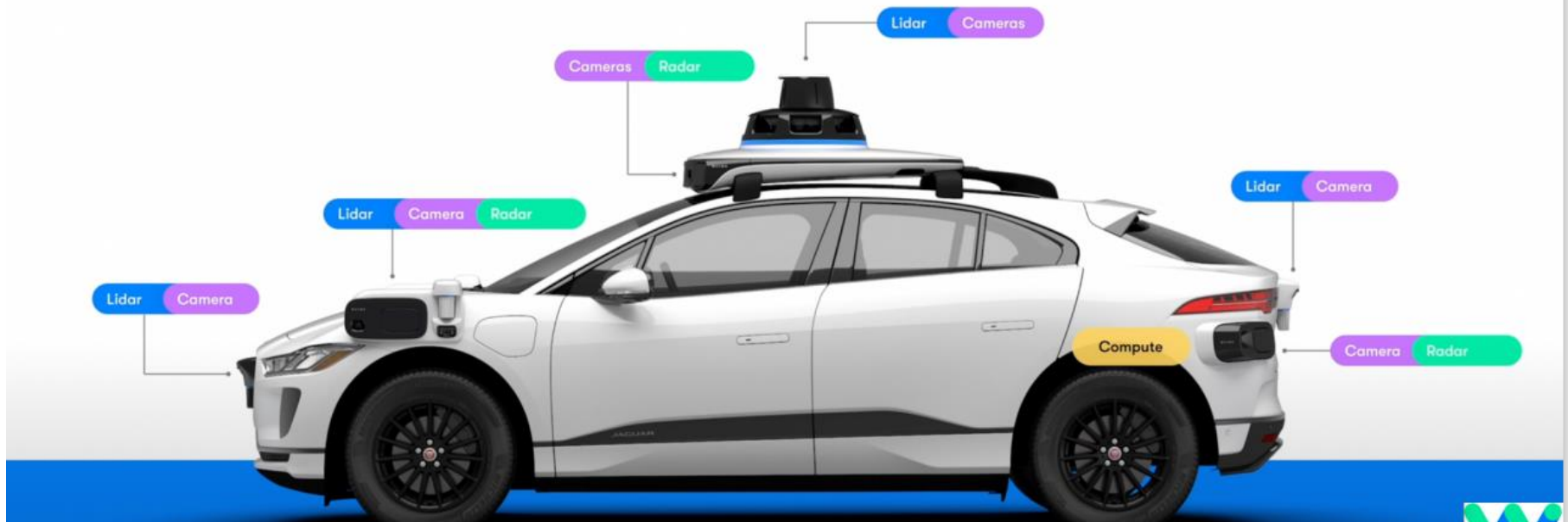
La voiture autonome (ici la 5^{ème} génération de Waymo)

5 lidars

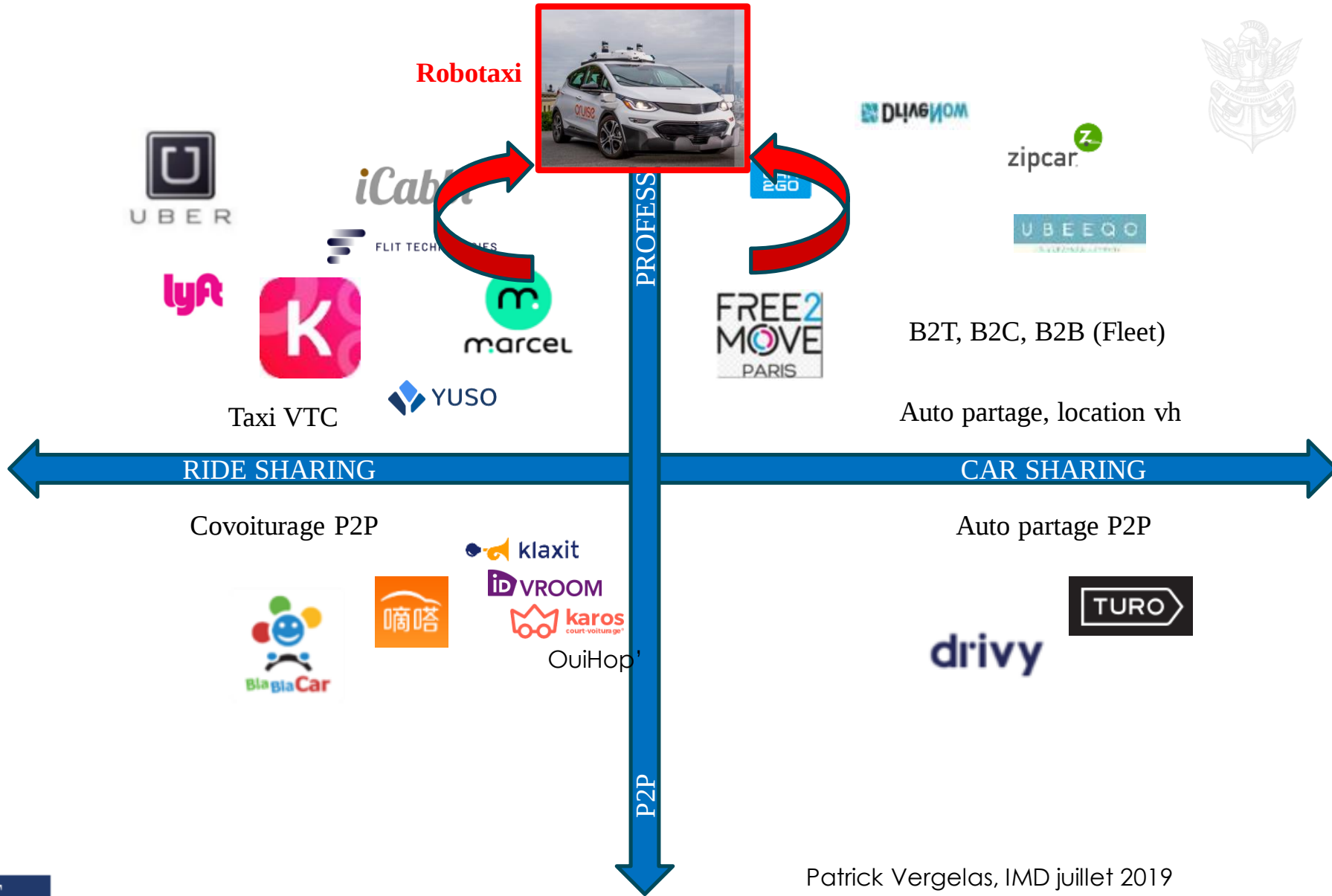
27 caméras

6 radars

Énorme puissance de calcul



LE ROBOT TAXI, AVENIR DES SERVICES DE MOBILITÉ PROFESSIONNALISÉS?



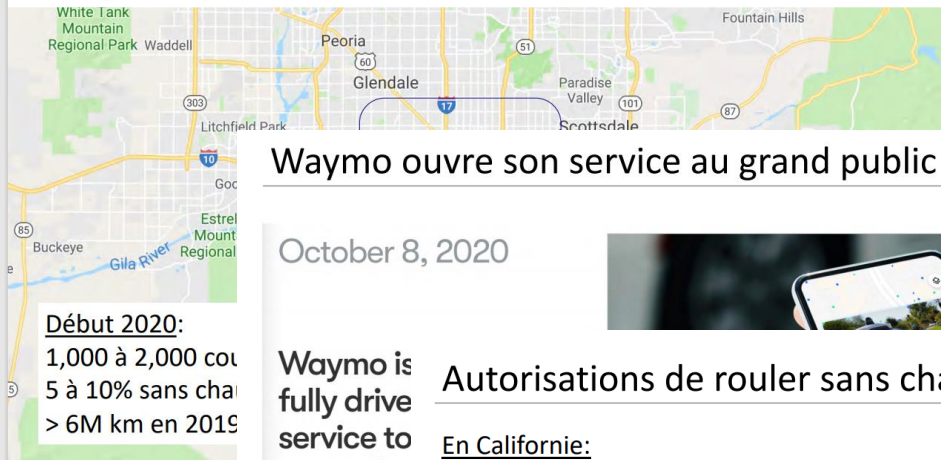
Patrick Vergelas, IMD juillet 2019

LE VÉHICULE AUTONOME : LE FUTUR ROULE DÉJÀ...



Google-Waymo: 32 M km depuis 2009

Waymo opère dans la banlieue de Phoenix



Début 2020:
1,000 à 2,000 voitures
5 à 10% sans chauffeur
> 6M km en 2019

Waymo ouvre son service au grand public à Phoenix

October 8, 2020



Waymo is
fully drive
service to
general p
Phoenix

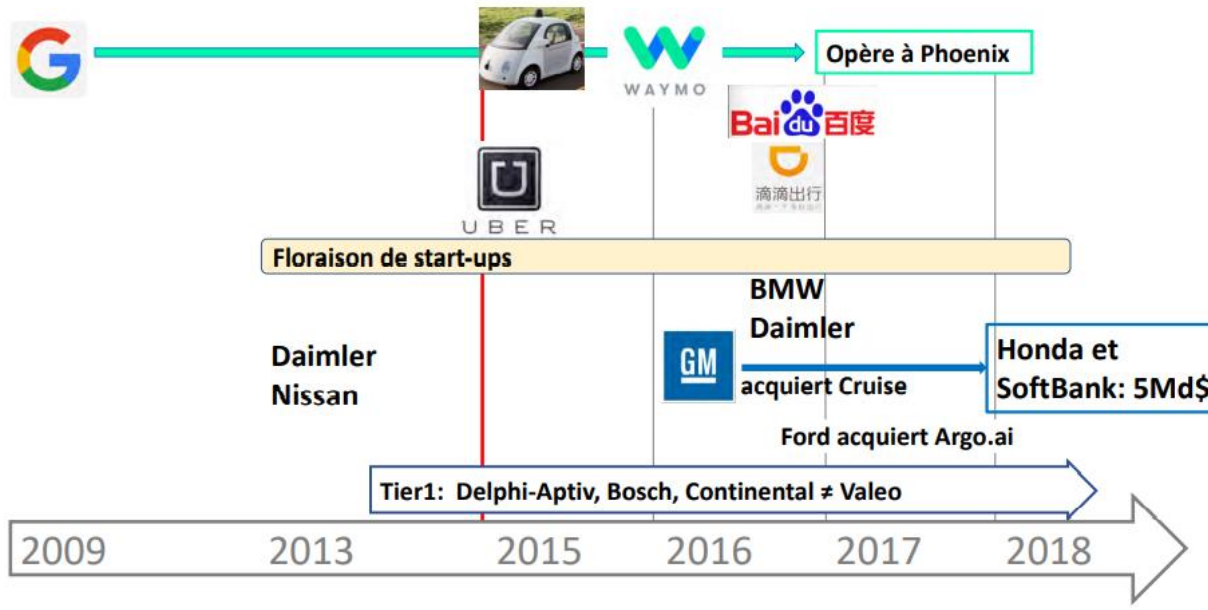
WAYMO ONE
John Krafcik, CEO

Autorisations de rouler sans chauffeur sur route ouverte

En Californie:

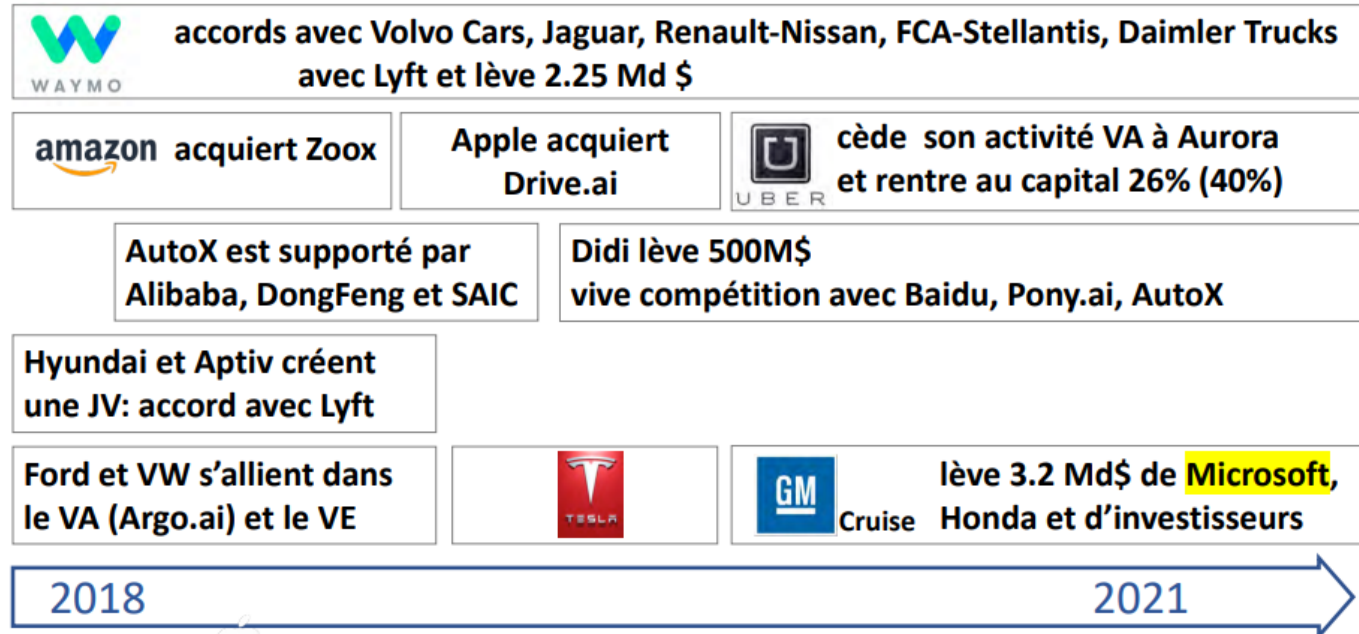
- Juill. 2019: **Waymo** est autorisé
- Avr. 2020: **Nuro** (livraisons, vitesse < 40km/h)
- Juil. 2020: **AutoX** (1 voiture vitesse < 72 km/h)
- Sept. 2020: **Zoox** (2 voitures) aussi autorisé début 2019 dans le Nevada
- Oct. 2020: **Cruise** (5 voitures dans un quartier de San Francisco V < 56 km/h)
- Oct. 2020: **AutoX** et **Baidu** ont été autorisés à Shenzhen et Pékin
- Nov. 2020: **Motional (JV Hyundai-Aptiv)** a été autorisé à Las Vegas (Nevada)

HISTOIRE D'UNE INTRUSION DU DIGITAL DANS L'AUTOMOBILE



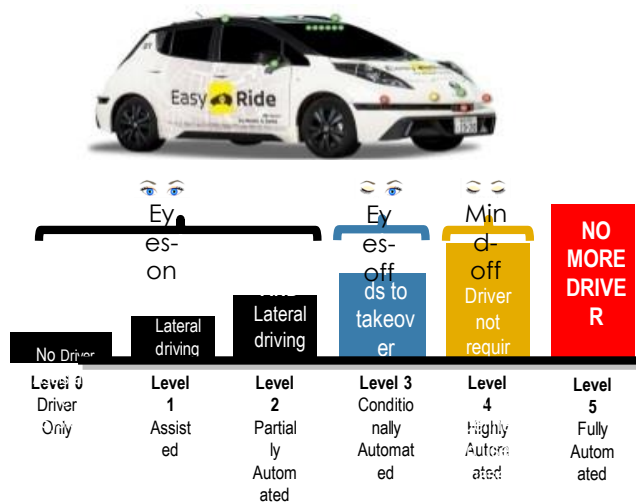
De la phase d'émergence et de prise de conscience

A la consolidation et au passage à l'échelle



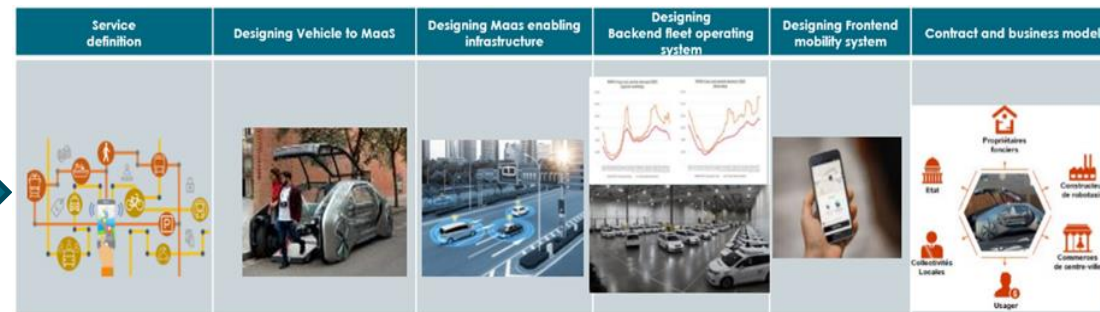
L'ESPACE DE CONCEPTION DES SERVICES DE MOBILITÉ AUTONOMES

Vision centrée Véhicule autonome

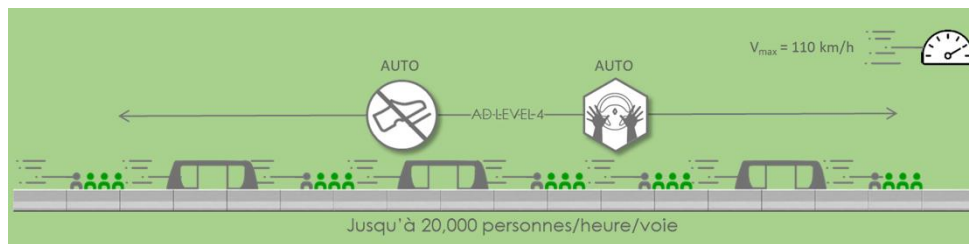
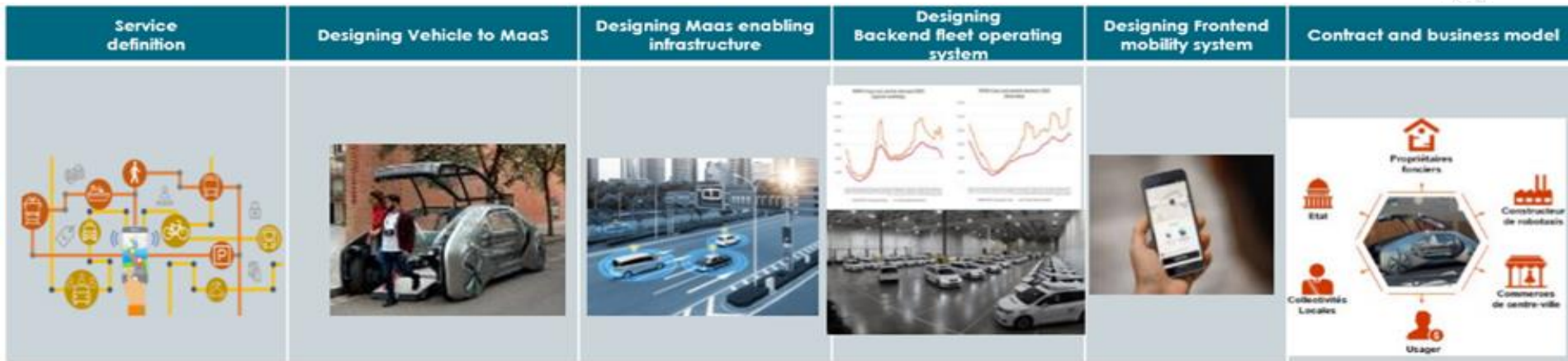


Vision Mobilité autonome

- Lenfle Midler (2009)
- von Pechmann, Midler, Maniak, Charue-Duboc, (2015)
- M. Alochet, C. Midler R. Maniak, (2019)



LA VARIÉTÉ DES CONFIGURATIONS DE MOBILITÉ AUTONOME



Driveboard



City-logistics



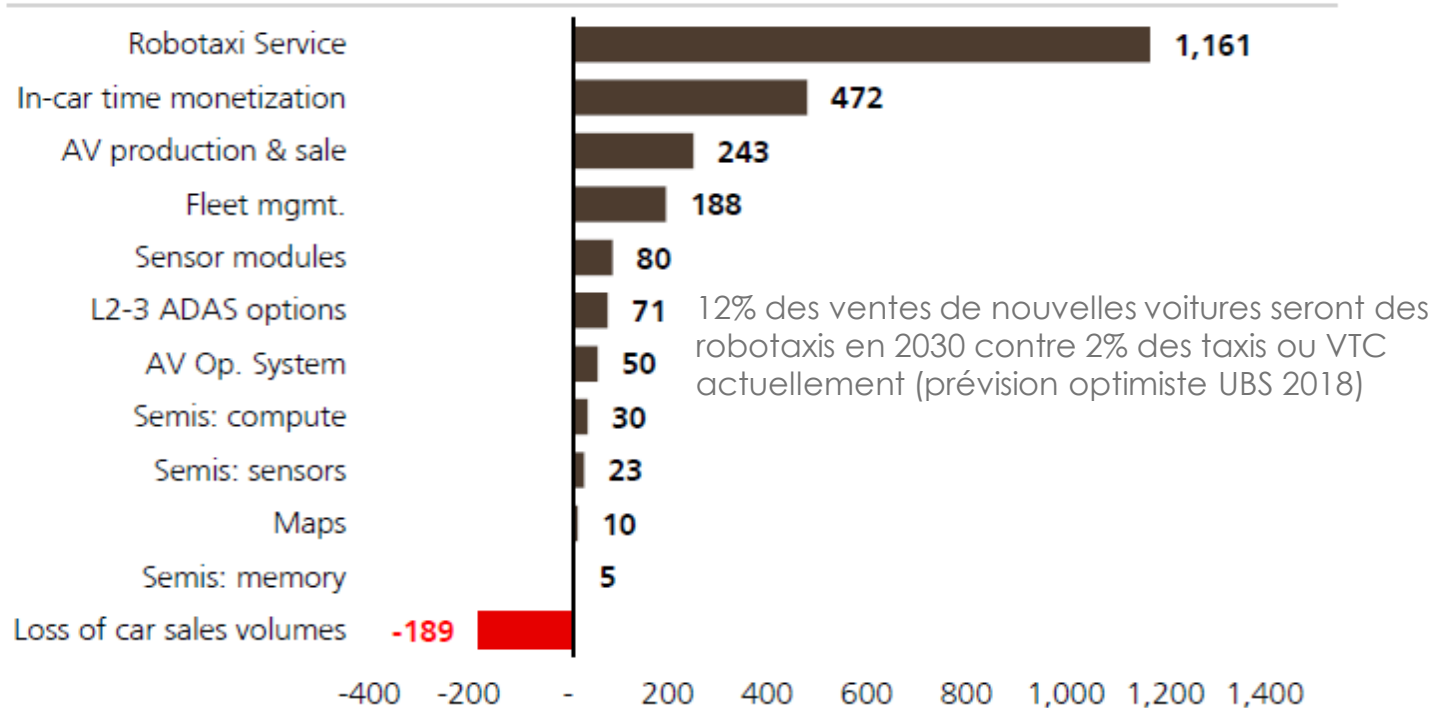
Public transport



Motorized Individual Transport

Fig. 7: Driveboard and selected application-optimized capsules (own visualization)

DES RISQUES DE DÉPLACEMENT DU REVENU (\$BN, 2030^E)



Source: UBS estimates

Note: For a definition of the different levels of autonomous driving (L1-5), see the Appendix.

Globalement un basculement de la valeur ajoutée entre les acteurs du (nouvel) écosystème qui explique l'implication des OEM dans les services de mobilité, vu hier encore comme non rentable, attendu à l'horizon ≥ 2030

CONCLUSION

- **L'industrie automobile vit un momentum inédit caractérisé par la conjonction :**
 - **D'impératif sociétaux : dominant design thermique => l'électrique**
 - **D'évolution des demandes : Vente B2C voitures => services de mobilité automobiles**
 - **De géographie du secteur : de la triade (E, US, Japon) => la chine**
 - **De structure de l'industrie : chaine de valeur pilotée par les constructeurs => écosystème hétérogène (intersecteurs + privé/public) pour concevoir et opérer des véhicules + connectés et autonomes**
- **Ce momentum, occasion privilégiée pour revoir la distribution des rôles entre transport public collectif et mobilité auto privée individuelle. Ce qui implique :**
 - **Pour les constructeurs, des transitions radicales et profondes (produit =>service, mécanique=>software, B2C =>B2T**
 - **Pour les autorités de transport, d'investir l'automobile comme un champ d'action porteur d'opportunités pour résoudre les problèmes de mobilité locaux**



QUESTIONS ?

LE MODÈLE LE PLUS CONNU : LE ROBOT TAXI (UBER ROBOTISÉ)

Service definition	Designing Vehicle to MaaS	Designing MaaS enabling infrastructure	Designing Backend fleet operating system	Designing Frontend mobility system	Contract and business model
					

Définition de l'offre de service de mobilité

Pt to Pt ou pas
Individuelle ou
shuttle
Quel périmètre ?
...

Conception des véhicules autonomes

Systèmes
embarqués dédiés
(Camera, lidar,
IA..)
> 10 K€/vh
...
Quel niveau : 4,5?
...
Vh Générique /
specifique ?
Versatile ?
.....

Conception des Infrastructures adaptées

Voies
dédiées/permises
ou pas
Aides à
l'autonomie
(carrefours
intelligents)
...

Opérer le flotte de robotaxis

Dimensionner la
flotte
Financer la flotte
Définir et
construire les
Hubs
Recharger et
maintenir
Maximiser le
taux d'utilisation
Monitorer la
flotte

Gérer la plateforme clients

Pricing
Gérer l'appli
clients
Marketing
CRM

Contrats

B2C
Contrats
avec les
parties
prenantes
(territoires)