UE 14
Terre et société
Mini-projet

Projet N°21

LE VÉHICULE AUTONOME VA-T-IL SAUVER LE CLIMAT OU DÉTRUIRE UN PEU PLUS L'ENVIRONNEMENT ?

Sophian Akkari, Marius Alonso, Taha Balkhi, Arthur Blanchiet, Tom Boëzenec

MINES ParisTech

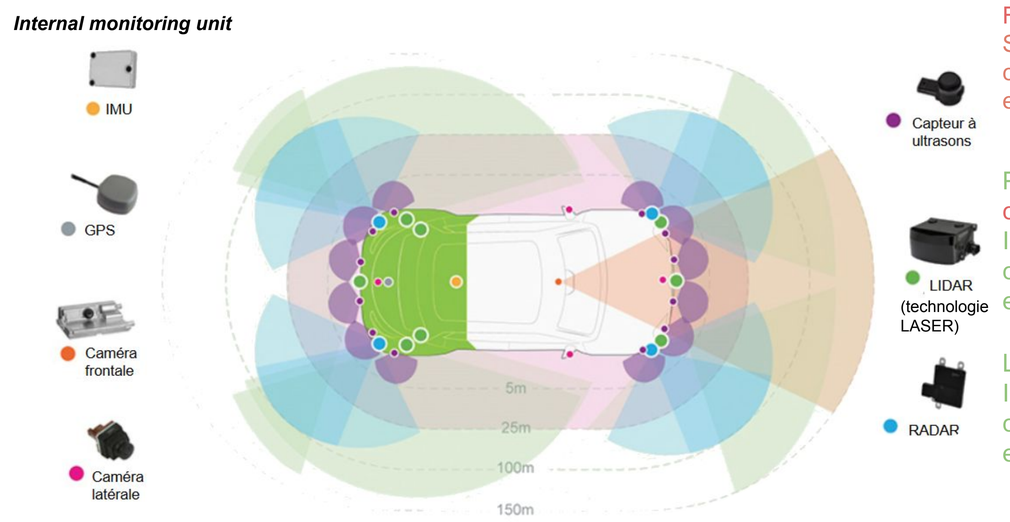
De plus en plus de constructeurs automobiles se lancent dans la construction de véhicules autonomes, et la législation commence à évoluer dans de nombreux pays. Si ce type de véhicule venait à se généraliser, la consommation énergétique du secteur des transports est-elle susceptible de changer fortement ?

La technologie du véhicule autonome

Localisation sans couverture satellite (3 gyromètres et 3 accéléromètres) Peu précis

Nécessite une couverture satellite pour localiser le véhicule

Vision en couleur (pour les feux de signalisation et le marquage au sol) Sensible aux conditions extérieures



https://www.lajauneetlarouge.com/la-voiture-autonome-progres-techniques-et-perspectives/

Faible portée Sensible aux conditions extérieures

Précis mais cher Insensible aux conditions extérieures

Longue portée Insensible aux conditions extérieures

La **redondance des capteurs** permet d'assurer un niveau de sécurité élevé, prérequis à une éventuelle commercialisation.

Quelques impacts sociaux et économiques

AVANTAGES

Embouteillages moins fréquents et moins importants.

Le véhicule autonome pourrait réduire les frais facturés aux passagers jusqu'à 80% par rapport à un voyage à la demande aujourd'hui.

Si l'automatisation pouvait être étendue aux bus et aux trains, les économies de coûts de main d'oeuvre pourraient diminuer les tarifs de voyage, consolidant le transit de masse.

Diversification des publics : accès aux enfants, personnes âgées, malades.

Confort de voyager en voiture.

INCONVÉNIENTS

La baisse des frais de voyage devrait augmenter la demande de voyage.

Étalement urbain beaucoup plus conséquent dû à l'acceptation de trajets plus long.

Impact négatif sur le marché de l'emploi pour les chauffeurs, livreurs, taxis...

Transferts de donnée importants nécessitant des data-centers très énergivores.

Le confort du véhicule pourrait causer une utilisation plus fréquente.

Connectivité V2I et V2V :

- **Connectivité V2I - *Vehicle to Infrastructure* : -2% à -19%**

La mise en place d'intersections connectées permettra de diminuer le temps d'arrêt des véhicules, et de réguler en douceur l'allure de ceux qui s'apprêtent à la rencontrer. On pourrait aussi imaginer un marquage au sol connecté adapté à la circulation.

- **Connectivité V2V - *Vehicle to Vehicle* : -6% à -30%**

La communication entre les véhicules à courte distance permettra de synchroniser leur conduite et donc de diminuer la distance de sécurité. À terme, cela pourrait conduire à la formation de **pelotons de véhicules autonomes**. Ces derniers permettront de fluidifier la circulation et de réduire les frottements s'appliquant aux véhicules.

		Coefficient de friction
Voiture isolée	-	0.36
Peloton de quatre voitures	voiture 1	0.331
	voiture 2	0.273
	voiture 3	0.225
	voiture 4	0.284

https://www.academia.edu/2604860/Pollution_control_by_reduction_of_drag_on_cars_and_buses_through_platooning

Force de frottements sur le véhicule

$$F_D = \frac{1}{2}\rho u^2 C_D A$$

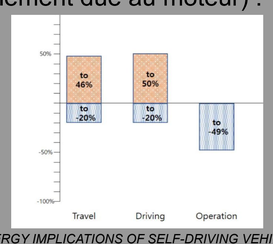
u : vitesse du véhicule
A : surface utile
ρ : masse volumique de l'air

Impacts énergétiques du véhicule électrique autonome

Les évolutions de la consommation du véhicule autonome sont indiquées par comparaison à la consommation d'un **véhicule électrique conventionnel** (essentiellement dûe au moteur) :

C = 16 kWh/100km

16 kilowatt-heure consommés en moyenne pour 100 kilomètres parcourus



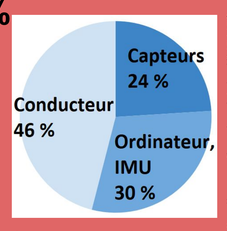
ENERGY IMPLICATIONS OF SELF-DRIVING VEHICLES

Sans compter les transferts de données, l'automatisation d'un véhicule autonome pourrait donc générer une variation de la consommation de :

-11 à 7 kWh/100km i.e. -62% à +45%

Électronique de bord : +4% to +15%

Les différents équipements du véhicule **induits par l'automatisation** consomment de l'électricité (on ne considère pas la consommation du stockage de données, au cas où il y aurait stockage dans le véhicule).



https://www.osti.gov/servlets/purl/1474470

Une grande part de cette consommation vient du conducteur, qui peut par exemple utiliser son temps libre sur un ordinateur en recharge...

Style de conduite : -10% à -20%

Le temps de réaction va grandement diminuer, ce qui rendra la **conduite plus souple**. Les **recharges** du véhicule automatique électriques seront **optimisées**. Enfin, les **démarrages brusques à froid**, très énergivores, seront limités.

Vitesse de conduite : +7% à +30%

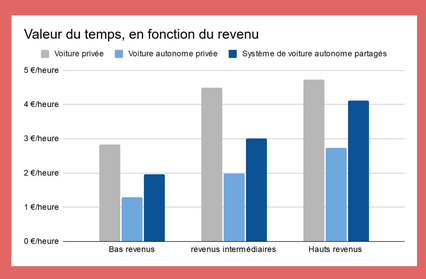
Le temps de réaction va grandement diminuer, donc **la sécurité routière va s'accroître**, d'où une potentielle augmentation des limites de vitesse et/ou de la vitesse effective (en particulier sur autoroute).

Effet rebond : +16% à +32%

Une fois commercialisée, la voiture autonome aurait donc un impact environnemental globalement positif. Toutefois un facteur assez aléatoire est susceptible de tout bouleverser : l'effet rebond. Cet effet consiste en l'**augmentation de la demande**, ce qui reviendrait à amoindrir les bienfaits du véhicule autonome. Le confort garanti par le véhicule autonome inciterait davantage de personnes à l'adopter. Outre l'explosion de la demande, possible voire probable, certains utilisateurs seraient alors tentés de prendre leur voiture pour de petits déplacement qu'ils auraient auparavant fait à pied.

Ceci augmenterait alors le temps d'utilisation et donc la consommation énergétique et aurait un impact négatif sur l'environnement. Cet effet est difficilement prédictible puisque plusieurs paramètres entrent en compte. Il pourrait donc annihiler les avancées et même transformer le véhicule autonome en "destructeur" de l'environnement.

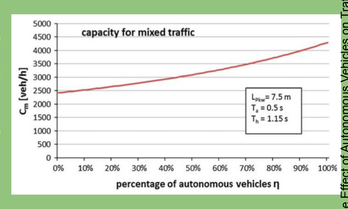
On peut définir la **valeur du temps** (en euro par heure) comme le montant que l'utilisateur est prêt à débourser pour s'épargner une heure de trajet dans un certain mode de transport.



https://aetransport.org/public/downloads/JIEuX/5286-59adacce538a5.pdf

Itinéraire adapté, trafic fluide : -5% à -20%

Le trajet d'un véhicule autonome peut être sélectionné judicieusement de manière à **fluidifier** au maximum **la circulation**. La capacité d'une autoroute pourrait alors être multipliée par 1.8.



The Effect of Autonomous Vehicles on Traffic

Cependant, les véhicules autonomes auraient parfois **intérêt à rouler à vide** plutôt qu'à s'arrêter car le stationnement coûte plus cher.

Big Data

Pourquoi stocker et traiter un volume important de données des véhicules autonomes ?

- **Amélioration du système** : les algorithmes d'apprentissage automatique (*machine learning*) sont aujourd'hui mis en avant par les constructeurs comme le futur des véhicules autonomes. Cependant, ces algorithmes reposent sur la conservation de grandes quantités de données pour fonctionner.
- **Garantie légale** : Les données peuvent être conservées afin de faire office de preuve en cas d'accident ou d'incident technique. Les assureurs imposeront certainement la sauvegarde de certaines données dans leurs futurs contrats.

Production de données dans un VA

Capteur	Quantité	Données générées
RADAR	4-6	0.01 - 2 Mo/s
LIDAR	1-5	2 - 10 Mo/s
Caméra	6-12	60 - 500 Mo/s
Capteurs ultrason	8-16	<0.001 Mo/s
IMU, GPS	-	<0.01 Mo/s

https://www.tuxera.com/blog/autonomous-and-adas-test-cars-produce-over-11-tb-of-data-per-day/

➔ débit de données produit : **d = 0.4 Go/s**
(estimation minimale)

Compatibilité avec les réseaux mobiles existants :
4G : d = 0.05 - 0.15 Go/s
5G : d = 0.5 - 1.5 Go/s

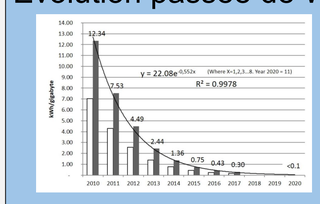
- Notons **ξ la proportion traitée** (dans les data-centers) des données générées par le véhicule
- La consommation énergétique d'un data-center est de **W = 0.07 kWh/Go**. Elle doit être **multipliée par trois** pour prendre en compte la consommation des réseaux de transmission et des terminaux.
- Enfin, on considère une allure moyenne de **v = 60 km/h**

La consommation obtenue est : $C = \frac{3W\xi d}{v}$

- **Pour ξ = 1 : 500 kWh/100km (+ 3 000 %)**
- **Pour ξ = 0.01 : 5 kWh/100km (+ 30 %)**

Pour obtenir une consommation d'énergie raisonnable (moins de 30 % de la consommation utile à la propulsion), il faudrait à l'heure actuelle un ordre de grandeur d'au plus 10^{-2} pour ξ : **moins de 1 % des données seraient traitées**.

Evolution passée de W



https://www.mdpi.com/2071-1050/10/7/2494

W pourrait continuer à décroitre exponentiellement au cours de la prochaine décennie : **< 1 kWh/To en 2030 ?**

CONCLUSION : Bien qu'elle puisse permettre des gains en efficacité, la voiture autonome occasionnera une dépense importante d'énergie dans le transfert des données. Par ailleurs, son bilan énergétique dépendra beaucoup de la dimension sociale : un effet rebond est à craindre et pourrait faire fortement augmenter l'usage de la voiture.