



Préparation de l'infrastructure pour les véhicules automatisés

Le rapport de l'ITF intitulé *Preparing Infrastructure for Automated Vehicles* (International Transport Forum [ITF], 2023) a été publié récemment. Il examine **ce qui est nécessaire aujourd'hui** pour soutenir les véhicules automatisés (VA), en se concentrant sur trois domaines d'action: l'infrastructure physique, l'infrastructure numérique et de données et les cadres institutionnels.

Cela fait plus d'un siècle que les véhicules circulant sur la voie publique sont conduits par un **être humain**. L'ensemble du système de trafic a été conçu en conséquence en termes d'expérience (perception), d'exigences de sécurité et de législation. Les VA **diffèrent sensiblement** des véhicules conventionnels, avec des exigences et des implications différentes pour un fonctionnement sécurisé de l'infrastructure routière. Il est donc nécessaire de faire le point sur ce que l'infrastructure routière devrait offrir.

Les VA seront une technologie universelle. Ils sont conçus pour fonctionner en toute sécurité sur le **réseau routier existant**, où il faudra pendant longtemps encore tenir compte des véhicules conventionnels, des véhicules moins automatisés et des modes de transport alternatifs (vélos, piétons, micromobilité, etc.). L'introduction des VA ne dispense pas les gestionnaires d'infrastructures de leurs responsabilités actuelles ni de la nécessité de servir les utilisateurs existants. Toutefois, pour rester efficaces, les politiques à mettre en œuvre doivent évoluer.

Pour l'ITF, il y **avait lieu** de mettre en place un groupe de travail composé d'experts internationaux sur le sujet. Malgré les nombreuses recherches menées sur les VA et leur introduction ces dix dernières années, l'ITF a constaté qu'il n'y a pas de réel consensus sur la manière dont les gestionnaires de voiries peuvent investir pour préparer leurs réseaux à l'avenir autonome. En outre, les décideurs politiques n'ont pas une bonne compréhension de ce qui pourrait aider au mieux le monde de l'entreprise à adopter les VA sur les routes existantes.

La publication du rapport de l'ITF change la donne: il identifie les **domaines prioritaires** pour des investissements dans l'infrastructure en soutien aux VA. Après l'enthousiasme du début concernant les possibilités des VA dans un avenir proche, le rapport brosse un tableau plus réaliste du rythme des avancées.



Figure 1 – Le rapport ITF

Le rapport se concentre sur les **obstacles immédiats à la mise en œuvre** et sur la mesure dans laquelle les décideurs politiques peuvent s'y attaquer par des actions spécifiques. Il ne s'agit pas de comprendre comment les nouvelles technologies peuvent façonner à long terme l'avenir du transport. Les questions importantes pour les décideurs politiques concernant l'infrastructure ne sont pas tant de savoir si les VA seront introduits en tant que nouveau mode de transport, mais plutôt où ils pourront être utilisés.

Selon le rapport, les véhicules automatisés ne sont pas un fantasme (ils sont déployés dans un nombre croissant de contextes et deviennent plus performants d'année en année), mais il semble aujourd'hui que nous n'assisterons pas à l'avènement du véhicule entièrement automatisé (SAE niveau 5 [« SAE levels of driving automation... », 2021]) avant plusieurs dizaines d'années. **Des applications plus modestes** semblent susceptibles de dominer dans un avenir proche, dans les environnements qui peuvent le mieux les supporter. Cette perspective détermine la manière dont les décideurs politiques et les entreprises devraient aborder l'introduction des VA en tant que nouvelle forme de transport.

Le groupe de travail ITF

Le rapport est basé sur des réunions virtuelles d'un groupe de travail ITF entre juillet 2020 et octobre 2021 et sur des entretiens avec des décideurs politiques, des développeurs et des experts^{1,2}. En 2022, des tentatives ont été faites pour parvenir à un consensus entre les gestionnaires d'infrastructures et le monde de l'entreprise, sachant que le stade de développement des VA varie d'un continent à l'autre.

Le rapport a notamment été enrichi par les réponses aux questionnaires distribués aux fonctionnaires d'état (dans les pays représentés dans le groupe de travail), par des entretiens avec des représentants du monde de l'entreprise et par des contributions de membres du ministère américain des transports.

Le groupe de travail a tenu compte non seulement des **environnements urbains**, mais aussi du transport sur autoroute, en se concentrant à la fois sur les transports individuels et sur les transports en commun. En outre, il a cherché à aligner la prise en compte des niveaux de support à l'infrastructure pour la conduite automatisée sur d'autres tendances émergentes en matière de mobilité, qui requièrent également des adaptations de l'infrastructure.

Au nom du CRR, Hinko van Geelen a contribué à la partie sur l'infrastructure routière physique. La participation au groupe de travail ITF s'inscrit dans le cadre des activités du **groupe de travail CAV**, créé par le CRR pour explorer les implications et les opportunités du futur autonome (Centre de Recherches Routières [CRR], 2021) pour le

1 Les pays suivants ont participé au groupe de travail: Australie, Belgique, Canada, Finlande, France, Allemagne, Japon, Nouvelle-Zélande, Norvège, Autriche, Pologne, Singapour, Espagne, Royaume-Uni, États-Unis, Suède et Suisse.

2 Michael Dnes (Department for Transport, Royaume-Uni) et Martin Russ (Austria Tech, Autriche) ont coprésidé le groupe de travail. Au sein de l'ITF, Katja Schechtner et Véronique Feypell ont coordonné les activités du groupe de travail.



Figure 2 – En 2021 le groupe de travail CAV du CRR a publié un premier rapport

secteur routier. Un nouveau rapport du groupe de travail CAV sera publié dans le courant de cette année et portera spécifiquement sur la sécurité routière des VA. L'accent mis sur les CAV, ainsi que sur les véhicules électriques et les nouvelles formes de micromobilité, cadre avec l'ambition du CRR de se tenir au courant des aspects relatifs à l'utilisation de la route, en particulier ceux liés à l'infrastructure.

Vision politique

Sur le site web de l'ITF sont exprimées les **principales idées** du rapport du groupe de travail (les textes tirés de la publication ont été traduits de l'anglais):

1. Les décideurs politiques ont besoin de nouvelles compétences et de nouveaux partenaires pour optimiser la fonction et les avantages des véhicules automatisés sur leurs routes.

Le déploiement à grande échelle des VA peut générer d'énormes avantages sociétaux, mais implique également un certain degré de perturbation et de risque. L'assimilation croissante de l'automatisation à la fois dans les véhicules et dans les infrastructures est susceptible de modifier fondamentalement la relation entre les deux. L'automatisation croissante des infrastructures et des systèmes associés impose de nouvelles exigences et peut fonctionner d'une manière qui ne nous est pas habituelle.

Les décideurs politiques et les gestionnaires d'infrastructures doivent impliquer de nouvelles parties prenantes pour comprendre l'état de développement des VA et les problèmes critiques liés à leur acceptation à grande échelle. Pour être des partenaires intelligents, ils doivent **investir dans des compétences et une expertise qui leur sont peu familières**. Cela nécessite de nouvelles capacités institutionnelles importantes de la part des décideurs politiques. L'engagement doit être structuré et durable et, dans la plupart des pays, il nécessite la mise en place de nouveaux forums et processus.

2. À court terme, des véhicules automatisés emprunteront les routes existantes et bénéficieront d'un entretien adéquat selon une norme définie.

Il n'y a actuellement **aucune demande de la part de l'industrie ou des développeurs** pour créer une infrastructure dédiée à l'usage exclusif des VA. Leur objectif est de créer des véhicules capables de fonctionner sur le réseau routier physique existant. Il n'existe pas non plus de norme pour la conception ou la reconstruction de routes destinées aux VA.

Bien que **l'entretien régulier des routes existantes** – et en particulier la pose de marquages routiers et l'installation de panneaux de signalisation clairs, ainsi qu'une qualité fiable du revêtement routier – puisse profiter aux VA, il n'existe pas encore de normes pour un entretien de ce type.

Les mises à jour en direct concernant les changements au fur et à mesure qu'ils se produisent sont une demande essentielle des entreprises, mais elles sont actuellement limitées par l'absence de normes mondiales pour le partage ou la communication de telles informations.

3. Le développement des «infrastructures invisibles» offre plus d'opportunités à court terme que la modernisation de l'infrastructure physique.

À l'heure actuelle, on dispose de peu d'informations sur ce qui fait qu'une route «convient» aux VA, et la technologie continue d'évoluer. Cela signifie qu'il y a peu de marge pour investir dans des améliorations physiques du réseau routier jusqu'à ce que les exigences soient plus claires. Il existe une meilleure raison de développer les «infrastructures invisibles» que sont la **connectivité numérique, les données et la capacité institutionnelle** sur lesquelles les VA se baseront.

Les cas d'action les plus évidents sont l'élaboration de stratégies pour:

- assurer une connectivité adéquate aux réseaux de communication et à l'infrastructure sur les principaux axes routiers;
- garantir la disponibilité et la fiabilité des cartes haute définition pour des parties importantes du réseau routier;
- assurer la disponibilité de données en temps réel sur l'infrastructure routière, en ce compris toutes les règles de circulation et
- fixer des normes de données, des concepts d'opérations et d'architectures pour les infrastructures numériques d'application.

Les infrastructures invisibles étant souvent gérées par des particuliers, ces stratégies relèvent davantage du leadership que de la dépense. Ces mesures sont utiles quel que soit l'avenir des VA, mais elles améliorent toutes la capacité des VA à fonctionner sur le réseau routier.

4. Un projet de collaboration peut aider les responsables de la gestion du trafic à maximiser les avantages de l'introduction de véhicules automatisés en tant qu'éléments d'un réseau de transport plus large.

Les VA, en particulier ceux qui sont conçus pour collaborer avec d'autres véhicules et communiquer avec l'infrastructure, offriront aux responsables de la gestion du trafic une **occasion sans précédent** de comprendre et de gérer les flux de circulation dans leurs villes.

Pour atteindre ces capacités et ces avantages, il faut une **collaboration**, qui peut être facilitée par un «concept» mondial définissant la manière dont les différentes parties peuvent travailler ensemble et soutenir l'avènement de nouveaux services de mobilité, puis s'adapter aux circonstances locales. L'élaboration de ce concept nécessite une collaboration entre le monde de l'entreprise et les décideurs politiques du monde entier.

5. Des procédures d'essai normalisées dans les différentes juridictions peuvent accélérer le développement des véhicules automatisés.

L'évaluation de la sécurité des VA nécessite beaucoup plus de données que les approches actuelles basées sur les laboratoires et les pistes d'essai. Alors que plusieurs pays et juridictions mènent des recherches, définissent des politiques et élaborent des procédures d'essai pour la validation en vue d'une utilisation sécurisée des VA sur leurs routes, **l'intégration de l'expérience internationale dans des procédures d'essai normalisées** contribue à l'introduction plus rapide des VA dans les juridictions.

En collaboration avec le monde de l'entreprise, les autorités devraient contribuer à la mise en

place de stratégies complémentaires pour concevoir, mettre en œuvre et réviser leurs mesures, statistiques, analyses, procédures d'essai, données d'essai et méthodes de reporting. Des arguments similaires peuvent être avancés pour la coordination des études sur les accidents au niveau international.

6. Le code de la route et les normes comportementales doivent être prêts pour les véhicules automatisés.

S'ils veulent rester cohérents, accessibles et adaptés aux objectifs de la société, les gouvernements doivent **constamment revoir et ajuster leurs cadres réglementaires** à mesure que la technologie des VA et les conditions de fonctionnement évoluent. L'adaptation de la réglementation pourrait tirer profit d'un cadre pour une carte conceptuelle des lois – afin d'aider les décideurs politiques à visualiser les interrelations et les conséquences juridiques – et d'un code de la route lisible par des machines, que les VA pourront interpréter clairement et sans ambiguïté dans différentes juridictions. Les gouvernements doivent **anticiper la circulation mixte** de véhicules conventionnels et de VA et promouvoir une interaction sûre entre l'homme et la machine lors de l'intégration des VA dans le système de transport.



Figure 3 – Essai avec une navette autonome dans la zone piétonne de la ville de Masdar, Abou Dabi, 10 octobre 2019

7. Il doit y avoir une responsabilité claire et cohérente pour garantir que les véhicules automatisés fonctionnent dans un système sûr.

Les responsabilités actuelles en matière de sécurité routière ne couvrent peut-être pas tous les éléments qui contribuent au fonctionnement sécurisé des véhicules automatisés en tant que nouveau système intégré. Si les développeurs et les exploitants restent légalement responsables de leurs actes, chaque pays a besoin d'un organisme **responsable au niveau stratégique** pour comprendre le fonctionnement sûr des VA sur la voie publique et signaler les problèmes éventuels. Cette organisation peut être nouvelle ou existante, mais elle doit avoir les compétences et l'expertise nécessaires pour comprendre les défis et les solutions sans précédent et s'appuyer sur des considérations internationales.

8. Les développeurs et les décideurs politiques devraient collaborer à un programme de recherche axé sur les questions clés en lien avec les véhicules automatisés.

Un **programme de recherche commun** doit être mis en place, impliquant à la fois les gestionnaires d'infrastructures et l'industrie/les développeurs.

Les principales priorités de ce programme doivent être les suivantes:

1. convenir d'une approche internationale standard pour les audits de l'état de préparation des routes pour les VA,
2. aborder les principales questions techniques liées à l'interaction entre les VA et l'infrastructure, et
3. se mettre d'accord sur des visions à long terme pour l'avenir du transport et le rôle de l'infrastructure.

L'infrastructure physique et les VA

Le chapitre du rapport de l'ITF qui traite spécifiquement de l'**infrastructure physique** et des VA s'intéresse aux défis auxquels sont confrontés les gestionnaires routiers en ce qui concerne la mise à disposition et l'entretien d'une infrastructure routière compatible avec la conduite automatisée.

Certains éléments de ce chapitre sont abordés dans le texte ci-dessous.

Routes existantes ou séparées

Les questions de savoir si les VA utiliseront les **routes existantes** ou si un système distinct est susceptible d'accélérer l'acceptation des VA font partie des thèmes intéressants qui ont été étudiés.

Les entretiens menés dans le cadre de ce rapport n'ont révélé aucune demande d'aménagement d'une séparation physique dans un environnement hautement contrôlé où aucun autre véhicule n'est autorisé. Des réseaux routiers complètement parallèles pour VA ne sont pas considérés comme envisageables en raison des contraintes spatiales (en particulier en milieu urbain) et parce que cela découragerait l'utilisation des VA sur le réseau routier plus large.

Les VA recourent à diverses caractéristiques de la route pour comprendre et naviguer dans leur environnement en temps réel à l'aide de capteurs et de processeurs. Les **caractéristiques de la route** sont diverses. Citons par exemple le marquage des voies, les bordures de trottoir, les panneaux de signalisation, les feux de circulation, etc. Ces informations peuvent être complétées par des informations numériques telles que des cartes haute définition (HD) ou des signaux de données provenant de l'infrastructure routière (Udacity Team, 2021).

Les projets de norme des caractéristiques routières ont été définis et implémentés sans tenir compte des VA. Certaines parties de l'infrastructure physique peuvent être mises en œuvre d'une manière qui ne concorde pas avec les besoins des VA, ou sont difficiles à interpréter. L'ampleur de ces problèmes n'est pas encore claire, mais des preuves anecdotiques commencent à faire leur apparition (Datagen, 2022 ; Siddiqui and Merrill, 2022).

Amélioration des routes?

Les entretiens avec des entreprises ont révélé qu'il n'est pas nécessaire d'installer des dispositifs spécialisés dans ou le long de la route pour que les VA actuels fonctionnent. Les véhicules seront conçus de telle sorte qu'aucune amélioration physique majeure de la route n'est nécessaire pour qu'ils fonctionnent en toute sécurité. Il est donc difficile d'affirmer avec certitude que des améliorations spécifiques sont essentielles aux activités des VA ou qu'elles devraient constituer la base d'un programme d'investissement immédiat dans les routes physiques.

Projets de norme et uniformité

De nombreux pays développent et entretiennent différents types de route selon un ensemble de projets de norme, qui précisent comment la route doit être construite. Dans la pratique, cependant, l'existence de normes n'exclut pas la possibilité de **divergences importantes** d'une route à l'autre. Les routes du monde entier peuvent être classées et organisées dans une certaine mesure, mais il est inapproprié de les traiter comme des éléments interchangeable.

Compte tenu de l'étendue du réseau routier et de la diversité des sites où les routes sont présentes, l'**uniformité est presque impossible à atteindre**. Le défi posé par l'incohérence du réseau routier a été soulevé plus souvent par les développeurs lors des entretiens dans le cadre du rapport de l'ITF. Il a été avancé que les jumeaux numériques, les cartes haute définition, les données relatives au code de la route, les informations sur les zones de chantier (US DOT, n.d.) et d'autres informations relatives aux infrastructures pourraient ouvrir la voie à une plus grande uniformisation.

La mise à niveau des routes physiques pour répondre à une norme «idéale» peut prendre beaucoup de temps (5 à 10 ans). Le document précise que, dans ce laps de temps, la technologie des VA est susceptible de s'améliorer pour fonctionner en toute sécurité dans un environnement donné. Toute mise à niveau conçue pour rendre possible la circulation des VA risque fort d'être déjà obsolète au moment de la mise en service de la route. Il n'est pas plus réaliste de s'attendre à une reconstruction généralisée de centaines ou de milliers de kilomètres de routes dans un court laps de temps.

Certaines personnes interrogées du monde de l'entreprise ont fait valoir qu'un plus grand degré de cohérence et d'uniformité augmenterait l'efficacité des VA dans la perception de l'environnement routier et la navigation dans celui-ci. Il n'est pas réaliste d'envisager une norme technique unique, mais le **système de normes existant** peut être utilisé pour mieux s'aligner sur les besoins des VA.

Marquages routiers

Pour les VA, les marquages routiers sont l'une des caractéristiques primordiales qui garantissent que le véhicule peut se positionner en toute sécurité sur la route. D'après les entretiens avec les développeurs, il semblerait que les VA soient (pour l'instant) moins à même d'estimer l'endroit où il «devrait» y avoir une voie de circulation usée.

Les marquages entre les voies de circulation, qui jouent un **rôle essentiel pour la sécurité** dans la prévention des collisions frontales et le maintien de la trajectoire, se détériorent au fil du temps et peuvent ne pas être prioritaires pour l'entretien. La localisation des marquages entre les voies de circulation est plus difficile à compléter à l'aide de sources numériques, car elle doit être précise au centimètre près.

Cependant, il n'existe **aucun consensus international** sur la nécessité de modifier les normes relatives aux marquages routiers par rapport à la pratique actuelle. Des idées telles que des lignes plus larges et des marquages plus clairs ont été testées, mais plusieurs pays sont parvenus à des conclusions différentes sur la manière de procéder.

Spécifiquement sur les marquages temporaires lors de **chantiers routiers**, le rapport indique qu'il s'agit souvent de marquages normaux qui ont été recouverts de peinture (lisibles par certains capteurs) ou placés à côté de marquages normaux, ce qui peut **prêter à confusion**.

Toutefois, en raison du manque de certitude quant aux besoins techniques précis des VA en matière de marquages routiers et des risques d'erreur d'identification, il n'existe **pas encore d'exemple de meilleure pratique** dont d'autres pays pourraient s'inspirer. Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant de pouvoir s'assurer qu'un plan d'action aborde tous les risques pertinents sans «suringénier» la solution.

Le rapport de l'ITF indique que l'entretien des marquages doit être considéré comme faisant partie intégrante de la planification de l'entretien. Il est également suggéré que l'entretien des marquages routiers pourrait gagner en importance pour la sécurité si les VA commencent à circuler sur nos routes. Cela s'ajoute à l'importance des marquages routiers pour les conducteurs humains de véhicules conventionnels.

Panneaux de signalisation

Les VA recourent aussi aux panneaux de signalisation pour savoir comment se comporter en toute sécurité. Les données cartographiques complètent ce dispositif, mais de nombreux développeurs attendent de leurs véhicules qu'ils puissent agir en toute sécurité sans dépendre de données externes.

Concrètement, cela signifie que la technologie des VA se développe de manière telle que les panneaux de signalisation **continuent à jouer un rôle**. Les systèmes statiques et dynamiques de régulation de la circulation doivent continuer à fournir des informations cohérentes aux conducteurs humains et aux VA.

Comme pour les marquages routiers, **l'entretien** des panneaux de signalisation doit probablement être considéré comme plus important pour la sécurité quand des VA circulent sur la route. Contrairement au cas des marquages routiers, les gestionnaires routiers n'ont pas nécessairement besoin de procéder à un entretien physique complet. Les panneaux de signalisation peuvent exister à la fois dans le monde physique et dans un monde numérique parallèle, et être présentés aux véhicules par le biais de cartes et d'autres sources de données.

La mise à disposition des versions numériques des panneaux de signalisation nécessite un temps de préparation suffisant. L'un des principaux défis consiste à **maintenir les cartes à jour en temps réel**, avec un niveau de précision suffisamment élevé.

Revêtement routier

Dans l'ensemble, l'arrivée des VA renforce les arguments en faveur de **l'entretien**, en particulier sur les itinéraires où le trafic des VA est le plus probable.

De nombreux VA sont conçus pour se comporter avec prudence dans des situations inconnues. Si l'incertitude est trop grande, ils rendent le contrôle au conducteur. Les **nids de poule et les défauts de surface** en sont des exemples. Cela réduit le confort de l'utilisateur et, potentiellement, la sécurité routière. La reprise de contrôle peut être inattendue, ou il peut ne pas y avoir de conducteur humain.

Le **contraste** entre le revêtement et les marquages routiers pourrait prendre une plus grande importance à l'avenir. Les revêtements routiers jouent également un rôle essentiel dans la visibilité d'autres éléments sur la route, notamment les marquages routiers et les lignes de réparation.



Figure 4 - Le contraste entre le revêtement et les marquages routiers pourrait prendre une plus grande importance à l'avenir

Chantiers routiers

Pendant des travaux routiers, les marquages et les panneaux de signalisation normalement applicables sont remplacés par un dispositif en vigueur pendant la durée des travaux. Pour être en sécurité, les VA doivent adapter leur comportement en cas de travaux. Les développeurs ont reconnu qu'il s'agissait d'un **test important de leur technologie**.

Les recherches menées dans le cadre du rapport de l'ITF ont mis en évidence la nécessité d'une **communication rationalisée** autour des chantiers routiers, en particulier sur autoroute. Les canaux existants des gestionnaires d'infrastructures qui partagent ces informations ne fonctionnent généralement pas en temps réel. Les données ne sont pas non plus partagées dans un format immédiatement utilisable par une machine, ce qui nécessite une intervention humaine pour saisir les données avant que des mises à jour importantes puissent être publiées.

Les méthodes pour communiquer **en temps réel sur l'état des travaux routiers** contribuent clairement à la sécurité routière des VA et des ouvriers sur le chantier. Des initiatives sont en cours pour élaborer des messages standard sur les zones de chantier qui peuvent être partagés avec des VA par le biais des canaux de communication existants (V2X).

Mise à jour des données

L'entretien et l'amélioration des routes physiques affectent toute représentation numérique du réseau routier. Si le monde réel ne correspond plus au réseau numérique, cela constitue potentiellement un défi pour les VA.

Le rapport de l'ITF part du principe que, vraisemblablement, la gestion de la route physique devra de plus en plus fournir des **mises à jour des représentations numériques associées**, d'une manière permettant un partage automatique des informations avec les véhicules.

Conclusion

Une vision progressiste et des essais sur la voie publique ouvriront la voie à l'avenir des VA. Le CRR continue de suivre cette question afin d'évaluer les derniers développements et les implications sur l'infrastructure routière physique et de les partager avec le secteur routier.

Comme mentionné supra, le CRR publiera un deuxième rapport du groupe de travail CAV plus tard en 2023, en se concentrant spécifiquement sur la **sécurité routière** des VA.



Hinko van Geelen

E h.vangeelen@brrc.be

T +32 494 25 41 29

Bibliographie

- Centre de Recherches Routières (CRR). (2021). *Connected & autonomous vehicles et infrastructure routière: État des lieux et perspective* (Synthèse CRR No. SF 51). <https://brrc.be/fr/expertise/expertise-apercu/connected-autonomous-vehicles-infrastructure-routiere>
- Datagen. (2022, avril 13). Edge cases in autonomous vehicle production. *Datagen*. <https://datagen.tech/blog/how-synthetic-data-addresses-edge-cases-in-production/#>
- International Transport Forum (ITF). (2023). *Preparing infrastructure for automated vehicles* (ITF Research Report). OECD Publishing. <https://www.itf-oecd.org/preparing-infrastructure-automated-vehicles>
- SAE levels of driving automation™ refined for clarity and international audience (2021, mai 3). *SAEBlog*. <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>
- Siddiqui, F. & Merrill, J.B. (2022, février 17). Tesla 'phantom braking' issue is focus of federal safety probe after owners bombard government website with complaints. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/02/17/tesla-phantom-braking/>
- Udacity Team. (2021, mars 3). How self-driving cars work: Sensor systems. *Udacity*. <https://www.udacity.com/blog/2021/03/how-self-driving-cars-work-sensor-systems.html>