PROPOSITION DE CLASSIFICATION DES ROUTES INTELLIGENTES

Résumé Exécutif

Introduction

Ce projet spécial vise à explorer la faisabilité d'un nouveau cadre pour la classification de l'infrastructure routière. Ce cadre est basé sur les caractéristiques physiques et numériques de la route et sur la capacité d'accueil des véhicules connectés et automatisés.

Étant donné que la présence de véhicules connectés et automatisés (Connected and Automated Vehicles, CAV) est en augmentation, il est nécessaire d'explorer un nouveau système de classification routière intelligente (Smart Road Classification, SRC) qui pourrait fournir des informations aux utilisateurs et aux véhicules sur leur degré d'adaptation à la conduite automatisée et/ou connectée. Un système de classification routière intégrale permettrait également une planification efficace des investissements publics sur les infrastructures physiques, en améliorant l'opérativité de l'automatisation de la conduite, et sur les infrastructures numériques, en augmentant les avantages de la connectivité entre les autoroutes et leurs utilisateurs (V2X). Les utilisateurs finaux seront informés du niveau d'automatisation qu'ils peuvent activer sur chaque segment de route. En conséquence, un réseau routier plus sûr, plus durable et plus confortable est attendu.

Ce système devrait être basé sur les technologies existantes de conduite autonome et de connectivité et être hautement résilient, de sorte qu'il puisse être rapidement adapté aux progrès technologiques, aux résultats de la recherche et aux meilleures pratiques. Il devrait également être compatible avec les systèmes de classification routière existants et la coexistence avec d'autres véhicules et utilisateurs à conduite humaine. En résumé, la SRC devrait remplir les objectifs suivants : un langage commun ; utile ; universelle ; normalisée ; interopérable ; robuste ; cohérente ; simple ; intégrable ; dynamique ; flexible ; et aucune responsabilité pour les administrations ou les exploitants routiers.

Le cadre de classification des routes intelligentes

Le modèle SRC est basé sur deux paramètres préalables : le niveau de service pour la conduite automatisée (LOSAD) et le support d'infrastructure pour la conduite automatisée (ISAD). Le premier représente le degré de préparation de l'infrastructure à accueillir des véhicules autonomes. Le second résume le soutien aux véhicules connectés.

Niveau de service pour la conduite automatisée *(Level of Service for Automated Driving, LOSAD)*

En fonction de facteurs géométriques, environnementaux, météorologiques et autres, un segment de route peut être plus ou moins apte à accueillir des véhicules automatisés. Cinq niveaux sont proposés avec les résultats suivants pour les véhicules automatisés :

A	Le segment de route est compatible avec la grande majorité des domaines d'emploi (ODD) des véhicules. Les véhicules de niveau 4 ne demanderont pas d'intervention humaine. Les véhicules de niveau 3 peuvent connaître de très rares débrayages. Les véhicules de niveau 2 peuvent en connaître un très faible nombre.
B	Le segment de route présente des caractéristiques physiques similaires à celles du niveau A de LOSAD. Des aspects dynamiques tels que la météo peuvent limiter certains véhicules, demandant une intervention humaine ou présentant très peu de désengagements.
C	Le segment de route n'est pas entièrement compatible avec tous les domaines d'emploi connus. Les conducteurs sont encouragés à activer leurs systèmes d'automatisation de la conduite mais en étant attentifs si une demande de prise en charge ou de désengagement apparaît.

PROJET

D	Le segment de route présente une compatibilité acceptable avec certains domaines d'emploi. Les conducteurs de véhicules de niveau 4 et de niveau 3 peuvent activer leurs systèmes, en tenant compte des conditions de route et de circulation. Les conducteurs de véhicules de niveau 2 sont découragés à le faire.
E	Le segment de route présente une compatibilité quasi nulle avec la plupart des systèmes d'automatisation. Les conducteurs doivent s'exécuter en mode manuel.
Remarque : veuillez consulter le tableau 2 du Document pour voir quels sont les facteurs utilisés pour déterminer le LOSAD.	

Un domaine d'emploi opérationnel *(Operational Design Domain, ODD)* désigne les conditions de fonctionnement dans lesquelles un système d'automatisation de la conduite donné ou une de ses caractéristiques est spécifiquement conçu pour fonctionner, y compris - mais sans s'y limiter - les restrictions environnementales, géographiques et temporelles, et/ou la présence ou l'absence requise de certaines caractéristiques du trafic ou de la route. Par conséquent, un ODD peut être défini comme un tronçon de route qui répond à certaines caractéristiques permettant à un système d'automatisation de la conduite de fonctionner.

Dans un certain segment de route, les différents véhicules présenteront des sections spécifiques conformes aux ODD. Les zones qui sont conformes aux ODD pour tous les véhicules sont en fait des sections qui peuvent être conduites de manière autonome par tous les véhicules. La connaissance de cette information est très importante pour les administrations et les exploitants routiers, car ils pourraient travailler activement à l'augmentation de leur longueur et à l'adaptation de nouvelles sections. Il est proposé d'appeler ces sections des sections de route opérationnelles (Operational Road Sections, ORS).

Enfin, il est important d'introduire le concept de désengagement et de demande de prise en charge. Un désengagement a lieu lorsqu'un système d'automatisation de la conduite ne peut pas garder le contrôle du véhicule et remet celui-ci au conducteur de manière non planifiée. Ces événements sont communs aux véhicules de niveau 2 et peuvent se produire même sur des segments de route conformes aux normes ODD.

Les véhicules des niveaux 3 et 4 sont technologiquement plus robustes et sont capables de prévoir le moment où le système d'automatisation de la conduite cessera d'exécuter la tâche de conduite dynamique. Au lieu de céder instantanément le contrôle au conducteur, ils peuvent demander au conducteur humain d'intervenir (demande de prise en charge). Cela peut arriver aux véhicules de niveau 3 même dans une section conforme à l'ODD, ce qui ne peut pas arriver aux véhicules de niveau 4.

Soutien aux infrastructures pour la conduite autonome *(Infrastructure Support for Autonomous Driving, ISAD)*

Une connectivité adéquate et des informations numériques sont essentielles pour partager des informations avec les véhicules connectés. Le modèle ISAD peut être utilisé pour classer la manière dont les segments de route fournissent ce service. Comme le LOSAD, il présente cinq niveaux, comme suit :

A	Le segment routier prend en charge la conduite coopérative : l'infrastructure peut percevoir des informations et donner des ordres aux véhicules pour améliorer la sécurité et le fonctionnement du trafic.
B	Le segment routier prend en charge la perception coopérative : les véhicules peuvent informer l'infrastructure, par le biais du système V2I, de l'état microscopique du trafic et de la route.
C	Des informations numériques sur le segment de route sont disponibles (telles que des cartes HD). Les informations dynamiques (par exemple, la signalisation, la météo, etc.) sont régulièrement mises à jour.

PROJET

D	Informations numériques statiques disponibles. Ces informations ne sont pas mises à jour en temps réel.
E	Infrastructure conventionnelle sans support numérique.
Note : veuillez consulter le tableau 3 du Document pour voir quels facteurs sont utilisés pour déterminer le ISAD.	

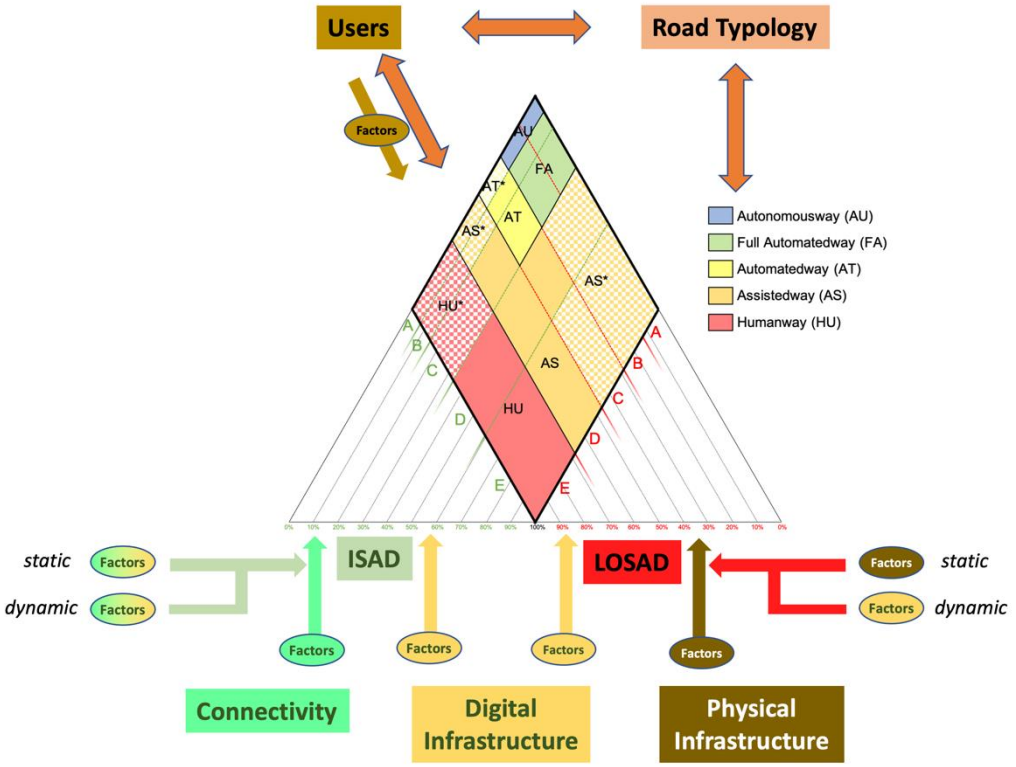
Niveaux de classification des routes intelligentes *(Smart Roads Classification, SRC)*

Un segment de route peut présenter des capacités de support particulières pour accueillir des véhicules connectés et automatisés (CAV). Ces capacités peuvent être déterminées par l'interaction des niveaux LOSAD et ISAD. Les cinq niveaux de route intelligente sont les suivants (du moins bon au meilleur soutien) :

HU	**Humanway (« voie à conduite humaine »)**. Le segment de route n'est pas prêt à accueillir des CAV, en raison du nombre élevé de désengagements, et/ou de la faible capacité à partager des données numériques pour informer les véhicules en lien avec leurs ODD.
AS	**Assistedway (« voie à conduite assistée »)**. Le segment de route est adéquat pour fonctionner de manière autonome, mais cette condition peut s'arrêter en raison de différents facteurs (pas aussi fréquemment que les segments HU). Par conséquent, les conducteurs de véhicules de niveaux d'automatisation 1 à 4 doivent être attentifs à la route aux désengagements ou aux demandes de prise en charge.
AT	**Automatedway (« voie à conduite automatisée »)**. Le segment de route présente une connectivité et des capacités d'infrastructure physique raisonnablement bonnes, de sorte que les désengagements ou les demandes de prise en charge seraient assez faibles par rapport à AS et HU. Les véhicules peuvent communiquer leurs limites de domaine d'emploi avec les informations numériques partagées par les segments de route, de sorte que la plupart des demandes de prise en charge (niveaux 3-4) sont prévues.
FA	**Full Automatedway (« voie à conduite entièrement automatisée »)**. La route présente un niveau opérationnel (ORS) continu, assurant la compatibilité des domaines d'emploi avec la plupart des véhicules de niveau 3-4. Les informations numériques sont partagées, de sorte que ces véhicules peuvent planifier toute demande de prise en charge. Par conséquent, une expérience sans désengagement peut être atteinte. Les véhicules de niveau 2 connaîtraient un nombre très faible de désengagements.
AU	**Autonomousway (« voie à conduite autonome »)**. À l'instar du niveau FA, l'infrastructure de connectivité prend en charge la conduite coopérative, de sorte que l'infrastructure peut recevoir et transmettre des instructions personnalisées à tous les véhicules, ce qui permet de gérer les performances du trafic à un niveau microscopique. Ce type de segment de route est réservé aux CAV de niveau 4-5. Ce niveau d'intelligence le plus élevé peut être attribué à certaines voies.

La figure suivante précise quelles combinaisons LOSAD/ISAD sont à la base de chaque niveau de route intelligente. De légères différences peuvent exister au sein de chaque niveau, sans compromettre la description mentionnée ci-dessus. Certaines combinaisons LOSAD/ISAD ne sont pas recommandées et ont été marquées d'un motif blanc. La forme de diamant vise à souligner le chemin de bas en haut qu'un segment de route devrait suivre afin d'améliorer son niveau de SRC.

BRUSILON



Remarque : pour faciliter l'application par les administrations routières et les exploitants, ainsi que l'interprétation par les constructeurs de véhicules, une **approche détaillée** des mêmes niveaux de SRC est fournie, en rendant explicites tous les facteurs LOSAD et ISAD sous-jacents (appelée système de classification détaillé, tableaux 7 à 11 du document).

Applications possibles

Les applications du cadre SRC sont nombreuses, que ce soit seul ou combiné à d'autres systèmes de classification. La connectivité des véhicules et leur interaction avec les autres véhicules et l'infrastructure changeraient radicalement, ouvrant la voie à de nouveaux services et acteurs. Certaines de ces applications possibles sont esquissées ci-dessous, mais d'autres restent inconnues à ce jour. L'intention du Questionnaire 3 est également d'obtenir un retour d'information sur ces nouvelles utilisations possibles.

Administrations et Exploitants Routiers (AR et ER)

Actuellement, les rôles des administrations routières (AR) et des exploitants routiers (ER) varient considérablement d'un pays à l'autre. Les tâches peuvent être regroupées en deux grands domaines :

- Planification et investissement. Dans ce domaine, les AR et les ER seraient chargées de déterminer le niveau de SRC de leurs segments de route, soit au moyen de LOSAD/ISAD, soit par le biais du système de classification détaillé. Grâce à cela, les investissements pourraient être planifiés afin de maximiser le nombre d'utilisateurs bénéficiant de niveaux de SRC plus élevés.
- Gestion. Les ER seraient chargés de surveiller les performances des véhicules sur l'ensemble de leur réseau routier. En combinaison avec les AR, ils pourraient également décider des seuils spécifiques pour les facteurs dynamiques des niveaux de SRC.

Ces décisions sont extrêmement dépendantes des informations fournies par les constructeurs automobiles - telles que les ODD ou les désengagements explicites. Ces informations n'étant pas disponibles à l'heure actuelle, la façon dont les AR et les ER utilisent le SRC sera différente dans le temps, comme expliqué ci-dessous.

PROJET

Court terme

Aujourd'hui, les niveaux 4-5 des systèmes d'automatisation de la conduite n'existent pas, et le niveau 3 commence à apparaître. L'infrastructure numérique et les facteurs de connectivité en sont encore à un stade précoce de développement. Par conséquent, les segments de route **AT**, **FA** et **AU** ne peuvent pas être déterminés et n'auraient pas d'impact significatif.

Les AR devraient donc se concentrer uniquement sur la détermination et la délimitation physique des segments de route **AS**. Les utilisateurs de véhicules de niveau SAE 2-3 sauraient alors où il est recommandé d'activer l'assistance automatisée. Les seuils permettant d'identifier ces segments de route devraient être obtenus dans la littérature, étant donné que les ODD explicites et les informations sur les désengagements ne seront vraisemblablement pas disponibles.

Moyen et long terme

À moyen ou long terme, des informations explicites sur les ODD et/ou les désengagements devraient être disponibles. Grâce à ces informations, les chercheurs, les AR et les ER pourraient mieux décider des seuils recommandés pour les différents niveaux de SRC.

LOSAD et ISAD pourraient être utilisés par les AR et les ER afin de déterminer automatiquement le support de leurs réseaux routiers pour les CAV - par exemple, en utilisant des outils basés sur les SIG. Cela les aiderait à décider où et quand optimiser le résultat de leurs investissements.

Lorsque les véhicules de niveau 4 deviendront une réalité - même pour des conditions très spécifiques - les AR et les ER pourraient décider de la répartition optimale des segments de route **FA** et **AU**.

Le suivi des performances et de la sécurité du trafic prendrait également une importance majeure, en fournissant des informations précieuses sur l'impact de niveaux de SRC plus élevés, qui pourraient être utilisées pour la planification ou pour décider dynamiquement du moment où le niveau de SRC d'un segment de route doit être modifié.

Certains indicateurs clés de performance (Key Performance Indicators, KPI) ont été proposés pour connaître la situation des performances du réseau routier et prendre des décisions stratégiques, en maximisant les résultats des investissements. Les KPI peuvent également être utilisés pour comparer la situation d'un réseau routier dans le temps et avec les réseaux routiers d'autres pays ou régions.

Utilisateurs

Les utilisateurs sont la cible ultime et la plus importante du système SRC. L'objectif est qu'ils reçoivent des informations très claires sur l'opportunité d'activer ou non le système. Comme pour les AR et les ER, cela dépend entièrement du calendrier.

Court terme

À court terme, de nombreux conducteurs ne sont pas familiarisés avec les véhicules automatisés - certains sont même réticents à les utiliser. Sans le SRC, les conducteurs de véhicules de niveau 2-3 utilisent l'assistance automatisée avec des résultats variés. Sur les routes à haut niveau de service, ces systèmes fonctionnent bien mais les conducteurs doivent savoir qu'ils doivent être attentifs à la route pour prendre le relais lorsque des désengagements apparaissent. Sur d'autres routes, les conducteurs peuvent avoir une conduite loin d'être confortable en raison de désengagements très fréquents.

En délimitant les segments **AS**, cette situation changerait vraisemblablement puisque les conducteurs seraient physiquement informés des endroits où l'automatisation est recommandée (on leur rappellerait toujours la nécessité de rester attentif à la route puisque les désengagements existeraient toujours). En entrant dans un segment de route sans cette indication, les conducteurs sauraient que l'assistance à la conduite n'est pas encouragée. La sécurité et l'acceptation de l'utilisateur s'en trouveraient améliorées.

Moyen et long terme

Dans des scénarios plus lointains, des signes physiques et numériques existeraient pour tous les différents niveaux de SRC. Les conducteurs de niveau 2-3 devraient toujours être attentifs à la route

BROUILLON

pour réagir aux désengagements - bien qu'un nombre plus faible d'entre eux soit attendu avec des niveaux de SRC plus élevés. Les véhicules de niveau 4 pourraient fonctionner de manière totalement autonome à l'entrée des segments de route FA et AU, et avec un nombre très faible de désengagements à AS et AT.

Constructeurs de véhicules

De nos jours, les constructeurs automobiles investissent des montants importants dans la recherche en lien avec les systèmes d'automatisation de la conduite. Leur objectif est de maximiser les environnements dans lesquels ces systèmes peuvent fonctionner. Cependant, il existe un manque de réglementations spécifiques concernant les performances. Alors que les systèmes d'automatisation de la conduite de niveau 2 peuvent essentiellement s'appuyer sur des informations obtenues par des capteurs, les niveaux d'automatisation supérieurs nécessitent des informations sur l'infrastructure routière, l'environnement, les zones de sécurité, etc. pour correspondre aux ODD des systèmes. Ceci est particulièrement important pour les véhicules de niveau 3, pour lesquels les informations numériques routières peuvent fournir un temps supplémentaire très important pour le conducteur afin de répondre aux demandes de prise en charge.

Il convient donc d'établir un lien étroit entre les constructeurs de véhicules, les infrastructures routières et les fournisseurs de solutions de connectivité, afin de définir quelles informations seraient utiles aux constructeurs pour développer leurs ODD. Une taxonomie ODD ouverte et complète aiderait les constructeurs de véhicules à exprimer leurs conditions opérationnelles, ce qui constitue la base des sections routières opérationnelles. Ce lien peut également être parfaitement observé au niveau des segments routiers AU et de l'optimisation des intersections basée sur la connectivité.

Autres parties prenantes

De nouveaux services et de nouvelles opportunités commerciales apparaîtront à l'avenir, tant au niveau privé que public. Les fournisseurs de cartes HD pourraient faire correspondre les circonstances routières spécifiques à chaque ODD, fournissant ainsi des informations sur mesure aux conducteurs et aux CAV ou prévoyant plus tôt d'éventuels désengagements.

Grâce aux capteurs des véhicules et à la connectivité, les informations sur l'état du trafic et de la chaussée pourraient également être récupérées et transmises aux administrations et aux exploitants routiers ou aux centres de gestion du trafic à des fins multiples, telles que l'entretien des routes, l'exploitation ou l'information des utilisateurs finaux sur les événements routiers.

Conclusions

Alors que les véhicules autonomes deviennent de plus en plus courants dans nos réseaux routiers, il semble nécessaire de définir comment ceux-ci doivent interagir avec l'infrastructure routière. D'une part, les conducteurs de systèmes faiblement automatisés devraient disposer d'indications claires sur les endroits où ils peuvent activer leurs systèmes en toute confiance et en toute sécurité. D'autre part, les niveaux d'automatisation plus élevés bénéficieraient réellement d'informations numériques provenant de l'infrastructure et de l'environnement, complétant les données qui peuvent être perçues par les capteurs du véhicule. Cela serait particulièrement bénéfique pour le déploiement sûr et rapide des véhicules de niveau 4.

Dans les deux cas, un cadre de classification des routes intelligentes pourrait aider toutes les parties prenantes et les utilisateurs à savoir ce qu'ils peuvent fournir et attendre de l'infrastructure routière. Ce cadre est loin d'être entièrement détaillé, ce qui ne manquera pas d'arriver dans un avenir proche, à mesure que la technologie évoluera, que les normes seront définies, que l'infrastructure routière sera adaptée, que les installations de connectivité seront déployées et que les utilisateurs se familiariseront avec les CAV.

PROJECTION