

Enjeux de la fixation d'objectifs de sécurité pour les transports routiers automatisés

Document de consultation

La définition d'un objectif de sécurité pour les systèmes de conduite automatisée constitue un des enjeux majeurs de la réglementation de ces systèmes. Cet objectif (exprimé en général en taux d'accidents pouvant conduire à des morts ou des dommages corporels par métrique d'utilisation - km parcourus ou heures d'utilisation), est destiné notamment à permettre d'allouer des exigences de sécurité globales, définies au niveau du système, aux différents sous-systèmes ou sous-fonctions qui le composent. Cette approche de décomposition en sous-fonctions ou sous-systèmes est en effet au cœur des méthodes de conception et de validation de la sécurité utilisées par les acteurs économiques (cf. approche dite « en V » des normes, ISO 26262, ISO 21448 SOTIF ; ou approche GAME- Globalement au moins équivalent) ou norme EN 50126 dans le domaine ferroviaire.

Cette définition soulève divers types de questions du point de vue de l'action publique, principalement autour de l'opportunité de définir des valeurs tutélaires, de leur statut juridique et de l'autorité qui les définit, de l'échelle (européenne ou nationale ou locale) à laquelle ces objectifs sont fixés, et de la façon d'utiliser l'accidentalité routière des véhicules conventionnels.

Ce document présente les éléments de problématique autour de ces enjeux, et formule un certain nombre de questions (en fin de document) sur lesquelles le point de vue des acteurs concernés est sollicité.

1. Contexte réglementaire

- **Exigences**

Les objectifs de sécurité sont abordés dans la réglementation internationale, européenne, et nationale des systèmes automatisés.

Au niveau international, le règlement technique sur les fonctions de maintien (ALKS) sur voie de juin 2020 révisé en 2022 dispose que la documentation sur l'évaluation de sécurité du système doit s'appuyer sur une analyse du comportement du système pour gérer les aléas, qui doit démontrer que le véhicule est exempt de risques déraisonnables (« unreasonable risks »), via :

- un objectif (« target ») de validation global démontrant que le système n'augmente pas le risque par rapport à un véhicule à conduite manuelle ;
- une approche sur la base de scénarios spécifiques, faisant apparaître (« showing ») que le système n'augmente pas le risque par rapport à un véhicule à conduite manuelle (dans chaque scénario).

Encadré : règlement ALKS du juin 2020, révisé en juin 2022 - extraits

The fulfilment of the provisions of this paragraph shall be demonstrated by the manufacturer to the technical service during the inspection of the safety approach as part of the assessment to Annex 4.

Reference (Annexe 4 – Special requirements to be applied to the functional and operational safety aspects of Automated Lane Keeping Systems) : The documentation shall be supported, by an analysis which shows, in overall terms, how the system will behave to mitigate or avoid hazards which can have a bearing on the safety of the driver, passengers and other road users. [...] It shall demonstrate that the vehicle is **free from unreasonable risks** for the driver; vehicle occupants and other road users in the operational design domain, i.e. through:

(a) **an overall validation target** (i.e., validation acceptance criteria) supported by validation results, demonstrating that the entry into service of the automated lane keeping system will **overall not increase the level of risk** for the driver, vehicle occupants, and other road users compared to a manually driven vehicles; and

(b) a scenario specific approach showing that the system **will overall not increase the level of risk** for the driver, passengers and other road users compared to a manually driven vehicles **for each of the safety relevant scenarios**.

Le règlement UE 2022/1426 d'homologation des véhicules équipés de systèmes de conduite automatisée (ADS) ne fait pas référence directement à des objectifs de sécurité, mais à des critères d'acceptation des risques, définis par les constructeurs.

Encadré : règlement UE ADS – 2022-1426 : extraits

Article 7.1.1 : « Le constructeur doit définir les **critères d'acceptation** à partir desquels les cibles de validation du système ADS sont dérivées afin d'évaluer le risque résiduel pour l'ODD en prenant en compte, si disponibles, des données d'accident existantes (1), des données sur les performances de véhicules conduits manuellement de façon compétente et prudente et de l'état de l'art technologique.

*Référence (1) : Par exemple, sur la base des données d'accident actuelles concernant les bus, les cars et les voitures dans l'Union, un **critère d'acceptation agrégé indicatif de 10⁻⁷ décès par heure de fonctionnement pourrait être envisagé** pour l'introduction sur le marché de systèmes ADS dans des services et situations de transport comparables. Le constructeur peut utiliser d'autres paramètres et méthodes à condition de pouvoir démontrer que ceux-ci conduisent à une absence de risque déraisonnable pour la sécurité par rapport à des services et situations de transport comparables dans les limites du domaine opérationnel.*

La réglementation nationale ne fixe pas d'objectifs de sécurité mais prescrit l'application du principe dit « GAME » (globalement au moins équivalent) : i.e. un niveau de sécurité au moins équivalent au niveau de sécurité de systèmes ou sous-systèmes assurant des services ou fonctions comparables, et renvoie à une étude de sécurité spécifique s'il est établi qu'aucune référence n'existe.

Encadré : de décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 - extraits :

Article R 31-52-2-I : [...] : tout système de transport routier automatisé ou toute partie d'un système de transport existant est conçu, mis en service et, le cas échéant, modifié de telle sorte que le niveau global de sécurité à l'égard des usagers, des personnels d'exploitation et des tiers soit au moins équivalent au niveau de sécurité existant ou à celui résultant de la mise en œuvre des systèmes ou sous-systèmes assurant des services ou fonctions comparables, compte tenu des règles de l'art, du retour d'expérience les concernant, et des conditions de circulation raisonnablement prévisibles sur le parcours ou la zone de circulation considéré. Lorsqu'il est établi qu'il n'existe pas de système comparable afin d'évaluer la sécurité du système considéré ou de l'un de ses sous-systèmes, le niveau de sécurité peut être établi à partir d'une étude de sécurité spécifique pour le système ou le sous-système concerné menée conformément aux règles de l'art.

- **Définitions**

Il est à noter que les réglementations internationales, européennes ou nationales ne définissent pas explicitement la notion d'objectif ou de cible de sécurité.

Le règlement UE 2022/1426 définit cependant la notion de « *risque déraisonnable* »¹ = *niveau global de risque pour les occupants du véhicule et autres usagers de la route qui est accru par rapport à un véhicule conduit manuellement dans des services de transport et situations comparables à l'intérieur du domaine de conception opérationnelle*. On comprend que ceci définit à la fois la notion d'objectif de sécurité (= niveau global de risque pour les occupants du véhicule et autres usagers de la route), et fixe un minimum minimum de sécurité, pour un domaine de conception fonctionnelles, égal au risque caractérisant un véhicule conduit manuellement. Il est à noter que cette définition ne précise pas non plus le risque sur lequel est construit l'objectif (indicateur basé sur l'accidentalité des véhicules conventionnels, sur une énergie cinétique d'impact...).

Le règlement UE 402/2013 sur la sécurité ferroviaire indique de son côté la finalité des objectifs de sécurité pour la définition des « *exigences de sécurité* » = *caractéristiques de sécurité (qualitatives ou quantitatives) d'un système, de son exploitation (y compris les règles d'exploitation) et de son entretien qui sont nécessaires pour atteindre les objectifs de sécurité établis par la législation ou par l'entreprise*.

2. Questions soulevées par la fixation d'objectifs de sécurité

- **Périmètre des risques inclus dans l'objectif de sécurité**

La notion d'objectifs de sécurité soulève tout d'abord une question de définition du périmètre des risques à prendre en compte pour les occupants du véhicule et les tiers. En particulier, quel périmètre retenir au regard des indicateurs classiquement utilisés en accidentologie routière (nombres d'accidents mortels et non mortels, nombre de victimes recensées dont décès, blessés hospitalisés, blessés légers) ?

Une question importante résulte également du périmètre en termes d'usagers concernés : dès lors que les occupants du véhicule sont concernés au même titre que les tiers, les cas d'usage comportant un nombre important de passagers (transports publics), pourront voir des objectifs fixés en termes d'accidents * personnes touchées, se traduire par des exigences plus fortes en termes d'accidents par unité de fonctionnement (temps ou distance).

Par ailleurs, il pourrait être argué le fait que l'effet des accidents en termes de mortalité pourrait dépendre de l'efficacité des secours, indépendante du fonctionnement des systèmes automatisés.

- **Statut réglementaire de l'objectif**

La fixation d'objectifs de sécurité renvoie ensuite au statut réglementaire de cette fixation, pour lequel on peut envisager plusieurs options possibles :

- aucune obligation de fixer un objectif ?
- obligation pour le concepteur de fixer un objectif ; simple ou avec l'obligation de le rendre public ?
- obligation pour le concepteur de fixer un objectif en consultant des tiers (ex : donneurs d'ordre) ?
- obligation pour le concepteur de fixer un objectif en le justifiant ?
- indication d'objectifs tutélaires au titre de revue des données disponible sous états de l'art

¹ La définition est issue du règlement ALKS : "*Unreasonable risk*" means the overall level of risk for the driver, vehicle occupants and other road users which is increased compared to a competently and carefully driven manual vehicle.

- recommandations d'objectifs tutélaires ; simple ou assortie d'obligations de justifier les écarts ?
- fixation réglementaire d'objectifs ?

Au-delà du statut réglementaire ou non de l'objectif, la nature de l'autorité fixant l'objectif tutélaire est importante : Europe, Etat, organisme d'homologation au titre de ses missions d'organismes technique, organisateur du service (qui, en général, sera une autorité organisatrice de la mobilité pour les transports publics automatisés), organisme qualifié agréé, au titre de son rôle d'avis externe à l'organisateur du service et au concepteur du système.

On peut noter que les réglementations européenne et nationale n'ont pas défini clairement le statut réglementaire des objectifs. L'approche européenne semble renvoyer la fixation de cibles de sécurité, appliquées au système ADS, à l'appréciation des concepteurs de systèmes, en fournissant uniquement une valeur indicative, sans portée contraignante. Le cadre réglementaire national fixe le principe GAME (globalement au moins équivalent), applicable à la conception, la mise en service ou la modification d'un système de transport automatisé (NB : i.e. incluant les véhicules équipés de systèmes automatisés, mais également les capacités déportées nécessaires à leur fonctionnement), sans préciser qui détermine l'objectif global de sécurité. Si l'application du principe GAME permettra bien à terme d'évaluer chaque système par comparaison avec des systèmes existant assurant des services ou fonctions comparables, l'objectif de sécurité que devront démontrer les premiers systèmes n'est pas explicité.

Au niveau national, la profession représentée dans les groupes de travail sur la démonstration de sécurité milite pour définir une référence quantifiée et partagée du niveau de sécurité, sans se prononcer sur son caractère de règle ou de recommandation. Les principaux arguments mis en avant portent sur l'homogénéité des exigences de sécurité et sur la facilitation du travail des organismes qualifiés agréés chargés d'évaluer les démonstrations de sécurité des systèmes. Au contraire, du fait que la réglementation ne prévoit pas d'instruction des dossiers par l'Etat préalablement à la mise en service des systèmes qui permettrait de cadrer les pratiques et de détecter les dérives, l'absence de niveau d'exigence minimal tutélaire pourrait conduire à des pratiques hétérogènes d'un système à l'autre, laissant chaque concepteur libre de déterminer son propre niveau d'exigence, et fragilisant la position des organismes d'évaluation et, partant, une hétérogénéité des marchés face à des exigences de sécurité elles-mêmes hétérogènes.

Il est à noter que, dans le secteur automobile (indépendamment de la question de l'automatisation), une échelle d'objectifs de sécurité est proposée dans le corpus normatif (et non réglementaire).

Encadré : objectifs de sécurité normalisés dans l'automobile

La norme ISO 26262 définit des exigences quantitatives sous la forme d'objectifs au niveau du Safety Goal véhicule. Ces objectifs sont déterminés par arbres de défaillances, la décomposition en suivant les niveaux ASIL est faite selon le tableau suivant, fonction du taux de défaillances matérielles par heure de fonctionnement.

ASIL A	(<10 ⁻⁶ /h)
ASIL B, C	< 10 ⁻⁷ /h
ASIL D	< 10 ⁻⁸ /h

(Taux de défaillances matérielles) – ISO 26262

La revue des pratiques dans d'autres secteurs (ferroviaire, aéronautique, nucléaire), même si elle doit être approfondie, suggère que, si des objectifs de sécurité peuvent être utilisés par les concepteurs ou évaluateurs de systèmes au titre de bonnes pratiques, de tels objectifs ne relèvent pas systématiquement du niveau réglementaire.

Encadré : éléments du cadre réglementaire du secteur des transports ferroviaires et guidés

Le règlement 402-2013 qui définit une méthode de sécurité commune (MSC) pour l'évaluation et l'appréciation des risques, prévoit qu'en l'absence de système de référence une évaluation explicite des risques soit réalisée. Dans ce cas, l'acceptabilité des risques doit être « évaluée au moyen de critères d'acceptation des risques tirés de la législation de l'Union ou des règles nationales notifiées, ou fondés sur certaines de leurs exigences ». Ce même règlement définit notamment un seuil de $10^{-9}/h$ pour les défaillances catastrophiques : « Le risque associé aux systèmes techniques² pour lesquels il est crédible qu'une défaillance fonctionnelle provoque directement une conséquence catastrophique ne doit pas être réduit davantage si le taux de défaillance est inférieur ou égal à 10^{-9} par heure d'exploitation ».

Le corpus normatif applicable au domaine ferroviaire et servant de référence pour le domaine des transports guidés, décrit une méthodologie d'estimation du risque explicite basée sur une approche quantitative dont les objectifs de sécurité sont spécifiés sur la base des « objectifs de sécurité³ de haut niveau pouvant être établis par l'autorité de tutelle compétente » (EN50126-2 - 8.4.1.2).

Ce même corpus reprend la même valeur de $10^{-9}/h$ comme exemple (informatif) d'objectif quantitatif de référence vis-à-vis des événements catastrophiques, par les normes européennes applicables au domaine ferroviaire (EN 50126-1 – Annexe C.4). L'objectif quantitatif de référence est alloué sur les fonctions du système et sur les fonctions de protection. Pour chaque fonction relative à la sécurité, l'exigence quantitative vis-à-vis de la probabilité de défaillance dangereuse peut être exprimée par un niveau de SIL avec la classification suivante :

$10^{-6}/h \leq$	SIL1	$< 10^{-5}/h$
$10^{-7}/h \leq$	SIL2	$< 10^{-6}/h$
$10^{-8}/h \leq$	SIL3	$< 10^{-7}/h$
$10^{-9}/h \leq$	SIL4	$< 10^{-8}/h$

Encadré : les objectifs communs de sécurité dans le domaine ferroviaire

Des objectifs communs de sécurité (OSC ou Common Safety Targets – CST en anglais) visent à garantir que les performances de sécurité ne diminuent dans aucun des États membres. Ils assurent à court terme le contrôle des performances de sécurité et à plus long terme, la convergence des performances de sécurité en Europe, grâce à l'utilisation de valeurs de référence nationales (c'est-à-dire des moyens communs de mesurer et d'évaluer les performances de sécurité à un niveau macro).

L'évaluation de la réalisation des CST est facilitée par la collecte et l'utilisation d'un ensemble commun de données sur la sécurité ferroviaire, les indicateurs communs de sécurité (common safety indicators - CSI).

Les autorités nationales de sécurité utilisent les CSI pour recueillir des informations auprès des entreprises ferroviaires et des gestionnaires d'infrastructure, qui, combinées à d'autres données pertinentes, permettent une analyse comparative et servent de base aux recommandations politiques au niveau de l'UE.

² L'objectif est applicable pour un système technique, ce qui diffère de l'objectif global de sécurité visé dans ce document.

³ Les objectifs fixés de sécurité sont attachés à l'entité considérée (instance de la fonction ou de l'équipement en cours d'examen) et non à la somme des entités intégrées dans le système.

Les CSI sont basés sur des définitions et des méthodes de calcul communes, le jeu de données est structuré comme suit :

- Accidents importants ;
- Morts et blessés graves ;
- Suicidés;
- Précurseurs d'accidents;
- Impact économique des accidents ;
- Aspects techniques (passages à niveau par type et systèmes automatiques de protection des trains) ;
- Gestion de la sécurité.

L'agence ferroviaire européenne publie ces indicateurs dans son rapport biennal sur la sécurité ferroviaire et l'interopérabilité dans l'UE.

Encadré : éléments du cadre réglementaire du secteur aéronautique

Le règlement européen (UE) 2018/1139 pour objectif principal d'établir et de maintenir un niveau uniforme élevé de sécurité de l'aviation civile dans l'Union européenne. Il précise que :

- les Etats membres sont tenus de déterminer un niveau de sécurité acceptable en ce qui concerne les activités aériennes relevant de leur responsabilité ;
- afin d'aider les Etats membres à satisfaire à cette obligation d'une manière coordonnée, il convient que le plan européen de sécurité aérienne détermine un niveau de sécurité pour l'Union ;
- ce niveau de sécurité ne devrait pas avoir un caractère contraignant mais devrait plutôt exprimer l'ambition de l'Union et des Etats membres dans le domaine de la sécurité de l'aviation civile.

Par ailleurs, le règlement définit « *l'objectif de performance de sécurité* » : *un objectif planifié ou visé pour un indicateur de performance de sécurité qui doit être atteint sur une période donnée.*

Un plan européen pour la sécurité aérienne, mis à jour une fois par an, précise le niveau de performance de sécurité dans l'Union européenne, à atteindre par les Etats membres. Chaque Etat membre établit et gère au niveau national un programme national pour la gestion de la sécurité qui précise le niveau de performance de sécurité à atteindre sur le plan national.

Encadré : éléments du cadre réglementaire dans le nucléaire

La sûreté nucléaire est l'ensemble des activités qui assurent le maintien de l'intégrité des mécanismes, processus, outils ou instruments mettant en œuvre de la matière radioactive, permettant de garantir l'absence d'effets dommageables sur les populations et l'environnement. La sûreté nucléaire est distincte de la sécurité nucléaire, qui est l'ensemble des mesures relatives à la protection des matières nucléaires et autres sources radioactives, de leurs installations et de leur transport contre des actes malveillants.

Dans le secteur nucléaire, les objectifs généraux de sûreté sont définis au niveau réglementaire européen par la directive 2014/87/EURATOM du Conseil du 8 juillet 2014 établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires. Elle dispose que : « *Les États membres veillent à ce que le cadre national en matière de sûreté nucléaire exige que les installations nucléaires soient conçues, situées, construites, mises en service, exploitées et déclassées avec l'objectif de prévenir les accidents et, en cas de survenance d'un accident, d'en atténuer les conséquences et d'éviter:*

- *les rejets radioactifs précoces qui imposeraient des mesures d'urgence hors site mais sans qu'il y ait assez de temps pour les mettre en œuvre;*
- *les rejets radioactifs de grande ampleur qui imposeraient des mesures de protection qui ne pourraient pas être limitées dans l'espace ou dans le temps. »*

Au niveau national, ces objectifs sont déclinés en règles de conception et d'exploitation des installations nucléaires de base qui imposent, qu'en fonctionnement normal :

- conformément au code de la santé publique, l'exposition radiologique des personnes soit aussi faible que possible dans des conditions économiquement acceptables ;
- en application de l'arrêté du 7 février 2012, les quantités et la toxicité chimique et radiologique des rejets d'effluents liquides et gazeux, ainsi que les quantités et les activités des déchets radioactifs soient limités, en tirant parti des meilleurs techniques disponibles ;
- les objectifs d'optimisation de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants mentionnés dans le code du code du travail, soient respectés.

En cohérence avec la directive européenne, un autre objectif de sûreté doit être de prévenir les incidents et accidents de nature radiologique et de limiter les conséquences de ceux qui pourraient survenir malgré les dispositions de prévention retenues ; ces conséquences doivent être d'autant plus faibles que la fréquence estimée de l'incident ou accident est importante. À ces fins, les choix de conception doivent permettre de :

- réduire au minimum le nombre d'incidents et limiter les possibilités d'apparition d'accidents ;
- minimiser autant que raisonnablement possible la fréquence des accidents conduisant à une fusion de combustible ;
- prévenir ou, à défaut, limiter, lors des incidents ou des accidents, les rejets de substances radioactives ou dangereuses ou les effets dangereux, ainsi que leurs impacts sur l'homme et l'environnement, à des niveaux aussi faibles que possible dans des conditions économiquement acceptables en prenant en compte l'avancement de la technique et de la pratique au moment de la conception.

D'un point de vue technique, le guide n°22 de l'Autorité de sûreté nucléaire (2021) propose une référence chiffrée pour les accidents au cours desquels des actions de protection de la population peuvent être mises en œuvre : la fréquence estimée de ce type d'accidents doit être inférieure à 10^{-5} par année et par installation.

Par contre, les accidents dont l'ampleur et la cinétique qui ne permettrait pas la mise en œuvre à temps des mesures nécessaires de protection des populations doivent être rendus physiquement impossibles ou à défaut extrêmement improbables avec un haut degré de confiance. Ils ne font donc pas l'objet d'une quantification.

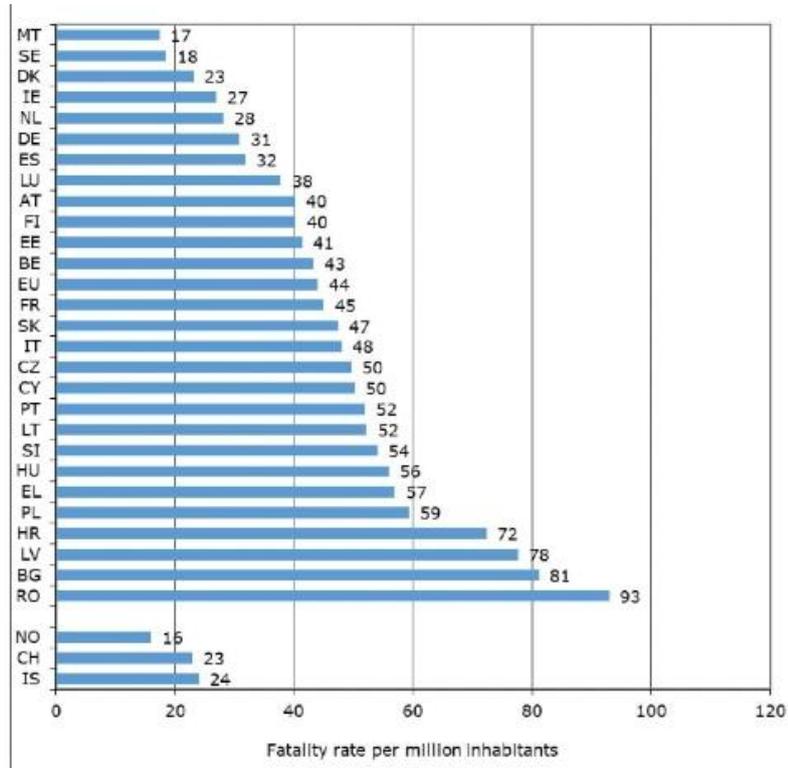
• **Niveau de subsidiarité**

Si l'option de définir des objectifs tutélaires (i.e. recommandés ou obligatoires) est privilégiée, se pose alors la question du niveau auquel cet objectif doit être fixé : national, européen, international ?

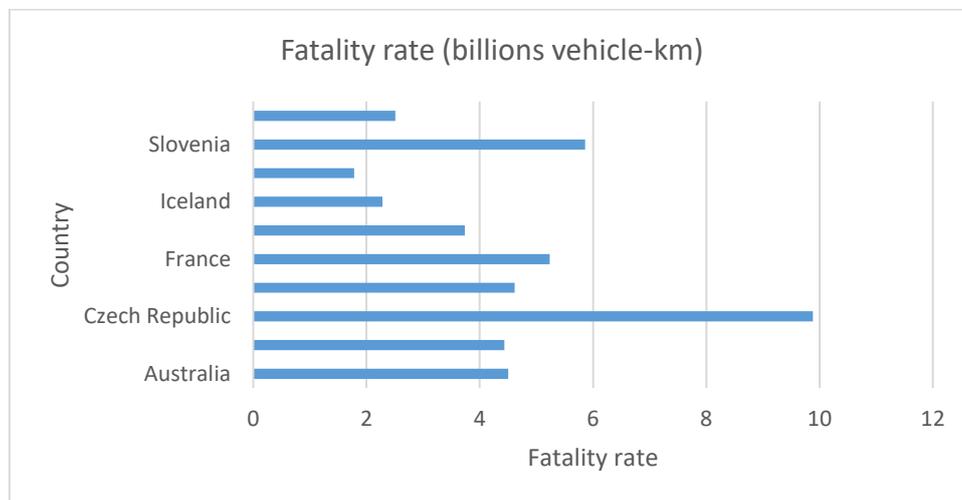
On peut tout d'abord relever que, l'Europe ayant fait le choix d'adopter une réglementation en avance de phase par rapport à la réglementation internationale compte-tenu de la lenteur des processus ONU, la question posée ici se résume à la question de la subsidiarité au sein de l'UE.

Une approche européenne favoriserait une certaine homogénéité du marché, en termes de systèmes mais également d'approches de démonstration de sécurité. Elle permettrait des économies d'échelle et des gains de qualité sur la recherche de références existantes (notamment d'accidentologie routière, cf. ci-après). L'harmonisation européenne pourrait cependant décourager des progrès technologiques dans des zones de l'Union plus exigeantes en termes de sécurité, progrès dont tout le marché européen pourrait ensuite bénéficier. De plus, l'harmonisation européenne pourrait se heurter à la réticence de certains pays considérant qu'il est légitime de prendre en compte des valeurs sociétales de la sécurité, différenciées par Etat-membre. Vu autrement se fonder sur des données d'accidentologie routière reviendrait à « gommer » les différences entre Etats-membres qui sont le fruit de politiques plus ou moins volontaristes et/ou efficaces de sécurité routière. Les pays connaissant les meilleures statistiques de sécurité routière pourraient ainsi considérer des exigences moyennées en Europe comme trop peu contraignantes, alors que d'autres pays pourraient les considérer comme exorbitantes au vu de leur accidentologie.

Encadré : accidentologie routière dans les pays de l'UE27+AELE



(accidents mortels par million d'habitants)



(nombre de morts par millions de km parcourus) – IRTAD 2022

Au total, une approche européenne harmonisée, établie sur la base de références d'accidentologie excluant certains pays dont les statistiques seraient considérées comme anormalement élevées⁴, pourrait constituer un bon compromis entre le souci de créer un marché européen homogène, soutenu par les meilleures références de sécurité routière observées en Europe.

⁴ Par exemple : > moyenne + 2 écart-types

- **Références pertinentes : accidentalité routière**

Les données relatives à l'accidentalité des véhicules conventionnels peuvent permettre d'élaborer un ou des objectifs quantifiés sous forme de taux moyen(s) d'accident par kilomètre parcouru. L'accidentalité routière constitue la référence la plus naturelle pour les systèmes de conduite automatisés, dans la mesure où elle se réfère à des véhicules routiers dont le domaine d'emploi peut être comparé à celui des systèmes automatisés. Cette référence présente également l'avantage d'être issue de données officielles, présentant une profondeur historique, et comparables d'un pays à l'autre⁵. Les promoteurs de l'automatisation ont par ailleurs historiquement invoqué l'amélioration des performances de sécurité des véhicules par rapport à l'accidentalité routière classique. Les premières statistiques sur l'accidentalité des véhicules automatisés aux Etats-Unis, abordent également la question par comparaison aux véhicules conventionnels⁶.

Pour ces différentes raisons, l'accidentalité routière semble donc constituer la référence incontournable pour la fixation d'objectifs de sécurité et les premiers travaux visant à éclairer le niveau de sécurité des transports routiers automatisés en France ont d'ores et déjà été conduits dans cette optique⁷.

- **Agrégation ou désagrégation des domaines d'emploi**

L'ensemble de la démonstration de sécurité des systèmes automatisés est supposé se référer à son domaine d'emploi. Ceci recouvre donc potentiellement l'objectif de sécurité global. Le règlement européen qualifie à cet égard le niveau de risque par rapport à « *un véhicule conduit manuellement dans des services de transport et situations comparables à l'intérieur du domaine de conception opérationnelle* ». Cette acception pourrait alors être interprétée comme justifiant des objectifs de sécurité spécifiques aux différents domaines d'emploi. Cette acception pourrait cependant aller à l'encontre de l'objectif de faciliter le travail des organismes tiers agréés, puisque l'objectif de sécurité deviendrait systématiquement endogène au domaine d'emploi. De plus, les risques liés à une interprétation tendancieuse du domaine d'emploi, visant à y inclure les réponses des systèmes aux aléas, seraient exacerbés : l'objectif de sécurité deviendrait en effet totalement endogène au cas d'usage, y compris à sa capacité de réponse aux aléas. Cette définition quasi tautologique du niveau de sécurité priverait de toute référence externe permettant d'apprécier le niveau de sécurité d'un cas d'usage, et paraîtrait contraire à l'esprit du cadre réglementaire européen et national.

Le principe d'une référence externe au système considéré devrait ainsi permettre de fixer une limite à la dépendance stricte de l'objectif de sécurité au domaine d'emploi. A minima, le domaine d'emploi du système devrait être rendu suffisamment générique pour pouvoir y trouver des situations comparables de conduite en véhicule conventionnel, documentées et en nombre suffisant pour établir une référence statistiquement représentative. Dit autrement, l'élargissement du domaine d'emploi strict du système vers un domaine d'emploi générique devrait être conduit jusqu'à trouver des statistiques d'accidentologie suffisamment représentatives dans ce domaine générique. C'est donc plutôt la qualité des données d'accidentologie et la possibilité d'attribuer l'accident au véhicule égo et de désagréger ces données par domaines d'emploi, qui vont déterminer le degré maximal de désagrégation des objectifs par domaines d'emploi.

⁵ La base de données de l'OCDE présente les données d'accidentalité par pays depuis 1990 (Cf. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=IRTAD_CASUAL_BY_AGE)

⁶ Cf. <https://featured.vtti.vt.edu/2016/01/safety-on-city-streets/>

⁷ Cf. rapport méthodologique : données d'accidentologie pour la sécurité des systèmes de transport routier automatisé : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/zip_evaluation_securite.zip

Typiquement, pour les travaux exploratoires d'accidentologie conduits en France jusqu'à présent, il a été considéré difficile d'aller au-delà de la décomposition suivante :

- Autoroutes (tous véhicules confondus)
- Voies interurbaines non autoroutières (tous véhicules confondus)
- Milieu urbain (véhicules de transports publics)

Des explorations plus poussées des données d'accidentalité pourraient cependant être conduites sur certaines dimensions « génériques » des domaines d'emploi, notamment nuit / jour ou conditions de visibilité ou d'adhérence très dégradés.

Au-delà de la faisabilité technique (= statistique) des références d'accidentologie, la décomposition du domaine d'emploi pour fixer des objectifs de sécurité renvoie à une question de nature plus sociétale. La question posée est en effet de savoir si l'objectif de sécurité doit ou non adopter le point de vue d'un usager totalement « moyen » ou s'il est légitime de chercher à refléter des points de vue d'usagers variés, en se fondant sur l'argument selon lequel chaque type d'usager serait légitime à exiger que le niveau de sécurité exigé lorsque cet usager utilise un service de transport routier automatisé, n'est pas moins élevé que celui exigé lorsqu'une autre catégorie d'usager utilise ce système. Le cas typique pourrait être celui des services de nuit ou en heures de pointe (dont certains usagers peuvent être exclusivement dépendants). Un autre exemple pourrait être celui des usagers utilisant uniquement la partie péri-urbaine d'un domaine d'emploi, versus ceux utilisant uniquement sa partie urbaine. (Le même raisonnement pourrait être applicable aux tiers en interaction avec le système : le piéton traversant la chaussée de nuit serait légitime à exiger ne pas courir un risque déraisonnablement plus élevé que le piéton traversant de jour). La question de la prise en compte d'objectifs de sécurité complétés d'objectifs complémentaires éventuels par sous-domaines d'emploi, y compris de caractéristiques de la géométrie des infrastructures (ex : nombre de voies, carrefour giratoire ou non), voire de l'équipement (ou de la connectivité) de l'infrastructure mérite d'être ouverte, tout en gardant en tête les difficultés techniques (= statistique) d'obtenir des données d'accidentologie robustes à ce degré de finesse de la localisation des accidents.

L'approche performantielle de la sécurité voudrait cependant que l'on ne cherche pas à affecter d'objectifs de sécurité spécifiques à des sous-domaines d'emploi (ou « sous-objectif »), afin de laisser le concepteur ou l'exploitant du système atteindre la performance globale y compris en jouant sur la répartition entre caractéristiques plus ou moins accidentogènes de l'infrastructure (ex : minimiser le nombre d'intersections sur un parcours ou éviter les circulations de nuit).

On conçoit cependant la difficulté d'acceptation sociale d'un objectif de sécurité s'il était obtenu en consentant, sur certaines sous-parties du domaine d'emploi, des niveaux de sécurité « déraisonnablement » dégradés par rapport à une référence d'entendement commun (par exemple un niveau de sécurité très dégradé pour une intersection non giratoire, compensée par le fait que ce type d'intersection ne représente qu'une part marginale des intersections potentiellement rencontrées dans le domaine d'emploi global).

Cependant, afin de ne pas mettre à mal l'approche performantielle par des sous-objectifs par sous-domaines d'emploi, l'utilisation de tels sous-objectifs devrait être parcimonieuse. Les sous-objectifs qui peuvent se rattacher à des différences de points de vue d'usagers ou de tiers (cf. jour / nuit) devraient probablement être privilégiés car ils revêtent une dimension sociétale et non seulement technique. La logique parcimonieuse pourrait consister à rechercher un nombre limité de configurations géométriques présumées plus accidentogènes, et y « caper » le sur-risque par rapport aux configurations moyennement accidentogènes (ex : on pourrait exiger que le niveau de sécurité

pour les circulations sur une intersection non giratoire ne peut être N fois inférieur à celui sur une intersection giratoire).

Par ailleurs, il convient de rappeler que l'approche quantifiée qui se rattache à l'objectif de sécurité global, n'est pas la seule composante de la démonstration de sécurité : l'approche par scénarios, non probabilisés, permet également de vérifier la capacité de réponse sûre du système à certaines situations qui, bien que très rares, peuvent être critiques, ou, en tout état de cause, incontournables (exemple de l'injonction des forces de l'ordre). La prise en compte de situations peu fréquentes et de sévérité potentiellement élevée, devrait se faire de façon privilégiée par des scénarios ad hoc, plutôt que par la recherche de sous-objectifs quantifiés, par ailleurs difficilement documentables à partir de statistiques d'accidentologie⁸.

- **Amélioration par rapport aux références existantes**

Si la référence à l'accidentalité routière conventionnelle apparaît comme une référence incontournable, elle laisse ouverte la question d'un éventuel écart tutélaire par rapport à cette référence. Plusieurs types de raisonnements pourraient être mobilisés pour justifier un écart.

Une approche visant à déterminer la part d'erreurs humaines versus défaillances techniques semble relativement difficile à soutenir par des données.

Une autre approche pourrait tenter de tenir compte de l'hétérogénéité des comportements de conduite, entre ceux qualifiés de risqués et ceux qualifiés de « prudents ». Une autre distinction pourrait se fonder sur la notion de conducteur « professionnel », supposé disposer des meilleures qualifications humaines pour minimiser les risques liés à la conduite. Ces raisonnements méritent d'être creusés, sur la base de données d'accidentologie permettant d'apprécier la variance intra-individuelle⁹ de l'accidentologie, expurgée des éléments liés au véhicule et à son domaine d'usage. Ces raisonnements et la mobilisation des données disponibles, pourraient permettre de documenter une référence de « conduite humaine sûre », meilleure que la moyenne reflétée dans l'accidentologie, l'écart par rapport à la moyenne pouvant varier selon les usages (véhicules particuliers, poids lourds, autobus-autocars).

Enfin, une autre approche plus théorique, pourrait être fondée sur l'exploitation d'un jeu de scénarios simulés, dans lequel le comportement du conducteur serait paramétré comme « professionnel » (i.e. avec les meilleures attitudes de supervision de l'environnement de conduite et les meilleurs réflexes), conduisant à un niveau d'accidentalité « simulé » de référence pour ce « meilleur conducteur théorique ».

- **Amélioration tendancielle**

De même que l'accidentalité connaît des évolutions tendancielle (significativement à la baisse jusqu'au milieu des années 2010), la question se pose d'édicter des références évoluant dans le temps. L'évolution des règles et objectifs applicables au vu du retour d'expérience des systèmes déployés représente ici un enjeu d'autant plus important que ces systèmes sont novateurs et encore peu matures.

⁸ Cf. document méthodologique « démonstration de sécurité : articulation des approches GAME, SOTIF et scénarios » https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/zip_evaluation_securite.zip

⁹ Des études sur la variabilité intra-individuelles sont déjà existantes sur des caractéristiques liées au temps de réaction des conducteurs moyens lors de l'utilisation d'ADAS (Cf. étude bilan de l'accidentalité de l'année 2021, ONISR).

3. Questions soumises à consultation

- 1) Une approche tutélaire des objectifs de sécurité des systèmes de transport routier automatisé se justifie-t-elle ?
- 2) Si une approche tutélaire se justifie, doit-elle relever de la réglementation, de la recommandation (avec éventuellement obligation de justifier des écarts), ou de la publication de références indicatives ?
- 3) Quelle autorité doit-elle porter une approche tutélaire (dans l'architecture de démonstration de sécurité nationale : Etat, organisme technique d'homologation, organisateur de service (en général autorité locale), organisme qualifié agréé ?
- 4) Doit-on chercher une harmonisation européenne et si oui, comment tenir compte de l'hétérogénéité des niveaux de sécurité routière en Europe ?
- 5) Quel degré d'agrégation / désagrégation des domaines d'emploi potentiels retenir pour fixer les objectifs de sécurité ?
- 6) Doit-on chercher à isoler l'effet de certains facteurs dans les données d'accidentologie, en considérant qu'ils ne sont pas liés aux performances des véhicules mais, par exemple, à la qualité de l'infrastructure ? Ceci doit-il conduire à des allocations d'objectifs entre le véhicule lui-même et le parcours ?
- 7) Doit-on chercher à traiter des situations spécifiques (ex : configurations d'infrastructures accidentogènes) par des sous-objectifs de sécurité ?
- 8) Doit-on et comment étayer des objectifs de sécurité différents (plus exigeants) que ce que reflète l'accidentalité observée ? Est-il pertinent de développer la notion de conducteur « sûr » ou « meilleur conducteur » dans l'exploitation des données d'accidentalité ?
- 9) Doit-on chercher à définir des évolutions temporelles des exigences de sécurité (en fonction de l'évolution globale de l'accidentologie et/ou du taux de pénétration des véhicules automatisés dans le parc) ?
- 10) Quelle unité de fonctionnement (ex : kilomètre parcouru ; heure de fonctionnement) doit-on privilégier dans l'utilisation des objectifs ?