DGITM/DMR/TUD le 29 janvier 2024

**Scénarios de conduite pour la démonstration de sécurité des systèmes automatisés :**

**de la génération à la sélection**

***Document méthodologique, version d'initialisation***

**Préambule**

La démonstration de sécurité des systèmes automatisés accorde une place fondamentale aux scénarios de conduite, ce qu'illustrent les corpus règlementaires, normatifs et académiques sur le sujet. Dans ce contexte, l'approche française de démonstration de sécurité, a d'ores et déjà proposé des éléments méthodologiques sur la génération de scénarios, qui constitue la première étape de l'approche.

Un des enjeux principaux réside maintenant dans la sélection des scénarios aux fins d'alimenter les procédures de tests ou de simulation diligentés ou prescrits au titre de régulateur, d'évaluateur ou de tiers-vérificateur. Derrière cet enjeu de sélection des scénarios, réside notamment la question du nombre de scénarios gérables, nombre nécessairement contraint pour les tests en conditions réelles, voire également en simulation, ou tout simplement par la simple contrainte d'une formulation dans une règlementation.

L'objectif d'une démarche de sélection de scénarios pour la démonstration de sécurité est de représenter au mieux les situations rencontrées par le système dans son ODD et de s'assurer que les réponses du système sont également bien représentées par le choix de ces scénarios sélectionnés, donnant ainsi confiance dans le fait que, si l'évaluation de la sécurité était faite sur l'ensemble des scénarios potentiellement rencontrés, elle ne serait pas significativement dégradée par rapport à celle faite sur la sélection de scénarios.

Pour cette démarche de sélection, on peut très schématiquement concevoir deux types d'approches :

- L'une s'appuyant explicitement sur l'étape de génération de scénarios, qui viserait alors à extraire des scénarios ainsi générés, ceux qui répondraient le mieux à l'objectif recherché (représentativité, notamment des situations les plus sévères) ; on pourrait qualifier cette démarche de déductive par rapport à l'étape de génération
- L'autre, que l'on pourrait qualifier « d'inductive » consiste à dresser une liste ou plusieurs listes de scénarios (a priori à dire d'expert) : cette approche apparaît sous-jacente à un certain nombre de travaux déjà conduits en la matière, notamment les propositions de scénarios de la NHTSA aux Etats-Unis (2007 et 2018), ou de la liste de scénarios fonctionnels cités dans le règlement UE-ADS[1].

Ce document fournit quelques éléments d'exploration de ces deux approches.

S'agissant de l'approche déductive fondée explicitement sur l'étape de génération, la première partie de ce document rappelle les principes de l'étape de génération de scénarios, et notamment l'importance de la combinatoire des axes possibles de description des scénarios, afin de tendre vers la complétude de l'espace couvert, qui constitue une des vertus attendues de cette étape de génération.

Cette partie ouvre ensuite trois principales questions attachées au passage de la génération à la sélection des scénarios : a) la prise en compte du domaine d'emploi (ODD) ; b) la recherche de représentativité au sens statistique, lorsqu'une partie des scénarios est quantifiable (par la sévérité et la fréquence) ; c) la question des scénarios « edge ». Cette partie ne se conclut pas par des propositions concrètes de scénarios.

---

*[1] Par analogie, on pourrait dire que le choix des situations dans lesquelles un candidat au permis de conduire est confronté pour obtenir son permis, relève également de cette approche inductive d'experts*

a) S'agissant de la prise en compte de l'ODD, elle insiste sur le besoin de distinguer, parmi les dimensions de l'ODD, les axes relevant des couches de définition des scénarios (environnement statique de circulation et manœuvre nominale), par opposition aux aléas « adressables », qu'il est préférable de sortir de la définition de l'ODD afin d'exploiter au mieux l'approche par scénarios[2].

b) S'agissant de la recherche de représentativité, l'approche suggérée est de rechercher un set de scénarios discrétisant l'espace (continu) des scénarios, permettant de refléter de la façon la plus fidèle possible l'objet de la démonstration de sécurité qu'est le risque résiduel du système évalué sur son domaine d'emploi.

c) S'agissant des scénarios « edge », après avoir rappelé que ce concept peut recouvrir trois principales notions (limites du domaine d'emploi, sévérité extrême, fréquence extrêmement faible et non mesurable), l'approche proposée consiste à se centrer sur deux familles de descripteurs de scénarios qui apparaissent assez bien regrouper ces trois notions : les vitesses des différents acteurs (véhicule égo ; autres usagers précurseurs de collisions) ; la problématique de la visibilité, i.e. notamment des masques : conjugués entre eux, ces deux familles de descripteurs rejoignent bien la conception intuitive de la situation « hypercritique » : vitesses élevées dans un environnement de faible vision, ce qui correspond peu ou prou au concept sous-jacent au time-to-collision une fois l'événement précurseur de collision détecté.

S'agissant de l'approche inductive à dire d'experts, la seconde partie rappelle les travaux s'y apparentant, et tout particulièrement la liste des scénarios fonctionnels du règlement UE ADS.

a) Cette seconde partie propose d'abord de compléter les scénarios sous-jacents au règlement UE-ADS, en en conservant la logique, en identifiant les domaines (ou les combinatoires d'axes de description) dans lesquels ces listes apparaissent encore insuffisantes. Ces compléments s'appuient sur une logique de combinatoire, héritée de l'approche de génération de scénarios : l'idée est, à partir de scénarios du règlement UE ADS principalement axés autour de deux acteurs (un véhicule égo et un autre acteur, événement précurseur de collision), d'enrichir le périmètre des acteurs pertinents en fonction des types de scénarios (ex : changement de file, intersections, ronds-points, stationnement) : véhicules masquant les autres acteurs ou véhicules gênants pour le bon aboutissement de la manœuvre visée.

b) Ensuite, cette partie retient une approche consistant à produire ex nihilo des scénarios représentant trois familles de situations dans lesquelles les réponses attendues des systèmes automatisés ne sont pas de même nature : conduite nominale ; réponse à des situations immédiates de pré-collision; prudence renforcée face à un environnement révélateur d'un risque accru.

c) Cette seconde partie explore plus avant la question des scénarios de « prudence renforcée » : ces scénarios ne se caractérisent pas simplement par une interaction entre un véhicule égo et un événement précurseur de collision (logique dite « pré-crash »), mais par une « scène » plus large révélant des indices de dangerosité devant appeler à la prudence. Les axes de description appropriés pour décrire ces scènes peuvent s'inspirer de ceux d'ores et déjà proposés, en combinant une couche statique (ex : présence d'un arrêt de bus) ; une couche contextuelle prévisible (ex : heure de sortie des classes) ; une couche de manœuvre (ex : arrivée d'un bus) ; une couche d'indices observables (ex : densité et agitation des piétons aux abords de l'arrêt de bus) ; des descripteurs de masques.

---

*[2] Il importe de signaler que la démarche d'intersection d'un espace de scénarios obtenu de façon générique par combinatoire de descripteurs, ne conduit pas qu'à réduire l'espace des scénarios : elle peut aussi l'élargir en confrontant notamment l'ODD « générique » avec un parcours ou une zone déterminés pour l'instancier. Ainsi, l'intersection avec des ODD instanciés peut mettre en lumière de nouveaux scénarios, par des axes de description non identifiés jusqu'à lors ou des valeurs de paramètres qui auraient pu être trop vite bornées dans une approche « générique » de l'ODD.*

d) Dans cette approche de sélection « a priori » de scénarios fonctionnels, cette partie revient également sur le lien entre l'approche par scénarios et le code de la route : elle reprend ici la liste des obligations du code de la route que l'on pourrait en théorie assez simplement caractériser par un scénario, mais dont la paramétrisation n'est pas possible (et n'est pas l'objet) du code de la route[3].

Ce document, même s'il s'engage dans la voie de la définition plus précise de scénarios par rapport à l'étape de génération, il n'en reste pas moins de nature méthodologique. Ainsi, il ne se concrétise ni par une liste finie de scénarios (concrets, paramétrables) à implémenter dans des tests, ni, a fortiori, par des critères de réussite de ces tests.

Enfin, ce document ne traite pas des opportunités offertes, pour le rôle de régulateur ou de tiers certificateur, par une approche de randomisation des scénarios, cette approche permettant a priori de concilier un nombre limité de scénarios à administrer dans les tests ou la simulation d'une part ; une incitation à la couverture large des scénarios par les concepteurs d'autre part.

*

* *

# Table des matières


1. Première partie : de la génération à la sélection des scénarios ..... 4
   1.1. Démonstration de sécurité : les apports de la génération des scénarios de conduite ..... 4
   1.2. Génération de scénarios : rappel de l'approche de combinaison de descripteurs ..... 6
   1.3. Génération de scénarios et prise en compte de l'ODD ..... 7
   1.4. Sélection des scénarios dans un objectif de représentativité ..... 9
   1.5. Edge cases : approches possibles pour une démarche de sélection ..... 11
2. Deuxième partie : approches de production sélective de scénarios ..... 13
   2.1. Introduction ..... 13
   2.2. Approche s'appuyant sur les scénarios du règlement UE-ADS ..... 13
   2.3. Approche par type de réponse attendue : nominal, pré-accident, prudence ..... 22
   2.4. Approche par la notion de scènes de vigilance et de prudence accrue ..... 28
   2.5. Approche s'appuyant sur les exigences non binaires du code de la route ..... 35
3. Eléments de synthèse et perspectives ..... 37

Annexe 1 : liste des descripteurs de scénarios recommandés pour la génération de scénarios ..... 40

Annexe 2 : travaux internationaux récents sur l'approche par scénarios ..... 45

Annexe 3 : approches internationales visant à proposer une sélection de scénarios de validation ..... 48

Annexe 4 : typologies de collision en fonction de l'angle de la configuration initiale ..... 64

Annexe 5 : exigences liées à la notion de prudence dans le code de la route ..... 65

Références ..... 86


[3] On retrouve dans cette famille de scénarios par exemple, les règles de céder le passage, moins « binaires » que la règle du « Stop ».

## *1. Première partie : de la génération à la sélection des scénarios*

### *1.1. Démonstration de sécurité : les apports de la génération des scénarios de conduite*

La démonstration de la sécurité des systèmes de transport automatisés s'appuie notamment sur l'approche par les scénarios de conduite, elle-même articulée avec les approches de sûreté de fonctionnement (notamment via la norme ISO 26262), de sécurité de la fonction attendue (norme ISO 21448 dite SOTIF), et globalement au moins équivalent (GAME). Les règlements EU 2022/1426 et UN R157 placent également les scénarios de conduite au cœur de la démonstration de la sécurité. L'état de l'art international illustre l'importance accordée aux scénarios au sein des processus de démonstration de sécurité.

La doctrine française en matière de scénarios de démonstration de sécurité, illustrée par les premiers documents méthodologiques DGITM publiés en 2022, repose sur le ***principe de recherche de complétude***. Elle s'inscrit ainsi dans la logique des analyses de risques issues du SOTIF qui ont pour objectif de limiter l'espace des cas non connus et les plus risqués (« unknow unsafe ») : la principale contribution attendue des scénarios de conduite est d'éviter l'omission de certaines typologies d'événements qui pourraient résulter des approches traditionnelles quantifiées d'analyses de risques.

La première étape de l'utilisation des scénarios pour la démonstration de sécurité repose sur ***la génération*** de tels scénarios. Cette étape s'alimente, outre des analyses de risques spécifiques à chaque système, et des retours d'expérience de systèmes comparables, d'une ***approche dite combinatoire***, consistant à explorer l'espace des possibles en combinant des axes de description (de l'environnement de conduite, de l'action du véhicule, des caractéristiques et de l'action des autres usagers, …) et, sur ces axes de description, des plages de valeur raisonnablement prévisibles.

Ce faisant, la vertu de l'approche par les scénarios est de décrire une ***multiplicité de situations de conduite***, aussi particulières et spécifiques qu'elles puissent être, en considérant par exemple les interactions avec les usagers vulnérables, véhicules prioritaires ou les agents des forces de l'ordre, les scénarios multi-acteurs (ex : plusieurs véhicules et usagers vulnérables en interaction), les scénarios d'intervention à distance ou des scénarios spécifiques à certains usages (ex : embarquement / débarquement de passagers ou marchandises).

En soi, cette étape de génération de scénarios par combinatoire de descripteurs, éventuellement enrichie des retours d'expériences de systèmes comparables, est potentiellement très fertile pour identifier de possibles « zones d'ombre » dès la conception des systèmes.

Cette étape de génération des scénarios alimente d'autres activités de démonstration de sécurité, qui s'articulent principalement autour de :

- ***la quantification*** de certains de ces scénarios, qui permet de les intégrer dans les analyses de sécurité qui requièrent une telle quantification ; les scénarios sont alors caractérisés principalement par leur fréquence et leur sévérité ;
- ***la sélection*** de certains de ces scénarios, pour asseoir des procédures de tests, qu'il s'agisse de simulations, de tests en environnement contrôlé, de tests sur route ouverte ou de marches à blanc.

Cette première partie du document s'intéresse principalement au passage entre l'étape de génération de scénario et celle de la sélection des scénarios pour les procédures de tests.

Ce passage soulève notamment la difficulté liée à ce que l'approche de génération de scénarios est susceptible de générer une multiplicité de scénarios. Or, même si ce caractère potentiellement infini des scénarios est recherché dans l'objectif de complétude, il doit néanmoins être traité lorsqu'il s'agit de définir des scénarios applicables à des procédures de tests.

L'enjeu est donc de passer de l'approche de génération de scénarios à une approche de sélection de scénarios, sans perdre les bénéfices de l'approche de génération attachés à la recherche de complétude.

Cette partie rappelle dans un premier temps les principaux éléments de méthode proposés jusqu'à lors pour l'étape de génération de scénarios. Elle développe ensuite trois notions pouvant participer au passage de la génération à la sélection de scénarios :

- ***L'intersection de l'approche combinatoire avec le domaine d'emploi (ODD)*** : cette partie rappelle que l'application de l'approche de génération de scénarios à des domaines d'emploi spécifiques, réduit la taille, voire les dimensions de l'espace des scénarios ;
- ***La recherche des scénarios les plus représentatifs de situations de conduites au sein de l'ODD*** : cette partie se place dans le cas (ou sur le sous-ensemble) de scénarios caractérisable par leur fréquence (i.e. probabilisables) ; dans ce sous-espace des scénarios, le problème théorique consiste à sélectionner un nombre discret et borné de scénarios, minimisant l'écart entre l'évaluation du risque résiduel sur ce nombre discret de scénario, et le risque résiduel sur l'ensemble de l'espace (continu) des scénarios[4] ;
- ***La recherche de scénarios « edge »*** : ce terme recouvre en fait plusieurs notions qu'il convient de distinguer : limites de l'ODD, limites entre situations statistiquement observables et non observables, scénarios extrêmement sévères du point de vue de la gravité des dommages.

Cette première partie se limite à des éléments relativement théoriques, qui nécessiteront des approfondissements principalement autour de la question du lien entre les approches quantifiées (fréquence * sévérité des scénarios) et celles qui se départissent du caractère probabilisable des scénarios (fréquence).

Cette partie rappelle également que la démarche progressive consistant à préciser l'ODD depuis ses caractéristiques génériques jusqu'à son instanciation sur des zones ou des parcours spécifiques, contribue à borner l'espace des scénarios, mais permet également d'identifier des scénarios singuliers au domaine d'emploi spécifique, notamment aux parcours**,** ce qui peut alors, par une forme de « rétroaction », élargir la combinatoire des scénarios, en identifiant de nouveaux descripteurs scénarios à prendre en compte (ex : configurations singulières des parcours, présence de masques de visibilité non identifiés jusqu'à lors) pour poursuivre l'objectif de complétude

Cette partie apporte quelques éléments d'initialisation de la réflexion sur le passage d'une approche générique à une approche sélective des scénarios. Elle n'emporte à ce stade aucune conclusion opérationnelle sous forme de liste de scénarios, qui fait l'objet de la seconde partie du document.

(NB : ci-après, cette partie utilise parfois un formalisme mathématique simplifié (présenté alors en encadré), utilisant des notions de géométrie dans l'espace (cf. axes de description des scénarios) et de probabilité (cf. répartition des valeurs des paramètres sur ces axes)).

[4] Etant noté que le concepteur du système et son tiers-évaluateur (organisme de test, régulateur) ne détiennent pas la même information et ne poursuivent donc pas la même fonction-objectif : pour le concepteur, il s'agit bien de minimiser l'écart entre le risque résiduel (une fois prises en compte les réponses du système) mesuré sur les scénarios sélectionné et mesuré sur l'espace complet des scénarios ; l'évaluateur, lui n'est pas supposé connaître la réponse d'un système donné (soumis à l'évaluation) aux aléas, son objectif doit donc être re-formulé.

### *1.2. Génération de scénarios : rappel de l'approche de combinaison de descripteurs*

La génération des scénarios constitue une étape fondamentale de la démonstration de la sécurité. Les éléments méthodologiques proposés pour la génération de scénarios, s'appuient principalement sur :

- la notion de combinatoires d'axes de description ;
- l'utilisation des analyses de risques des systèmes pour en extraire des scénarios ;
- l'enrichissement des scénarios par une approche dite « evidence-based », i.e. fondée sur les retours d'expérience et/ou de roulage.

La combinatoire d'axes de description doit s'appuyer sur une décomposition la plus complète possible des axes et sous-axes de description des scénarios.

Pour ce faire, la méthodologie proposée consiste à recherche tous les descripteurs pertinents au sein des domaines suivants :

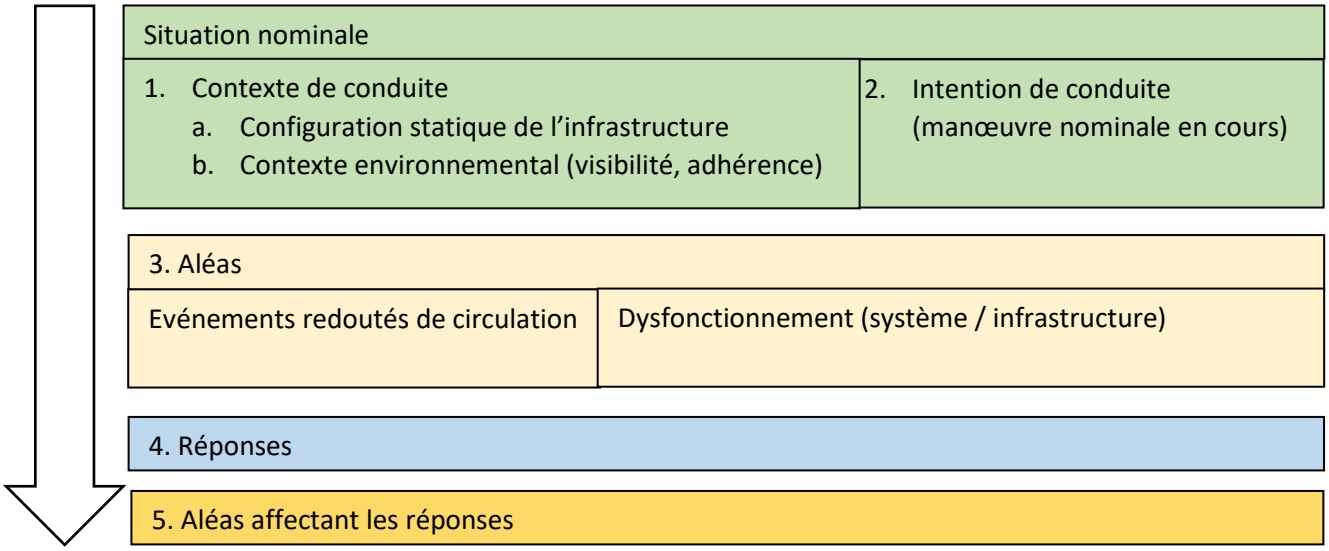



*Figure 1 : Rappel des axes de descriptions recommandés*

Une notion importante pour la démonstration de sécurité par les scénarios porte sur l'appréciation du « raisonnablement prévisible ». Le « raisonnablement prévisible » décrit l'ensemble des situations qu'un système est susceptible de rencontrer dans son domaine d'emploi[5].

L'approche combinatoire contribue à l'appréciation du raisonnablement prévisible, au sens où elle permet de concevoir des scénarios en combinant par exemple l'ensemble des caractères utilisés pour décrire une infrastructure, des conditions météorologiques, des usagers de la route, des comportements de conduite, etc. Dès lors qu'il est possible de concevoir un scénario comme la combinaison de critères « raisonnablement » utilisés pour décrire les axes de description ci-dessus, on en déduit que le scénario est a priori raisonnablement prévisible, sous réserve qu'il est compris dans le domaine d'emploi : le lien entre « raisonnablement prévisible » et domaine d'emploi est clé, il fait l'objet de développements ci-après.

[5] Le domaine d'emploi désigne ici le domaine de conception du système considéré, qu'il s'agisse du domaine de conception fonctionnelle du système de conduite automatisé intégré dans un véhicule, du système de conception technique d'un système technique ou du domaine d'emploi d'un système de transport routier automatisé intégré dans un service de transport sur un parcours prédéfini accompagné de règles d'exploitation et de maintenance.

### *1.3. Génération de scénarios et prise en compte de l'ODD*

Comme indiqué en introduction, l'enjeu du passage d'un nombre possiblement infini de scénarios issus de la combinatoire d'axes et de descripteurs, à un nombre fini de scénarios, passe d'abord par la prise en compte du domaine d'emploi (ODD).

Il importe pour cela d'assurer la cohérence entre les axes de description des scénarios et ceux décrivant l'ODD. Pour cela, les documents méthodologiques sur la génération de scénarios sont fondés sur un espace d'axes de description sur lesquels il doit être possible de projeter l'ODD.

L'ODD d'un système automatisé comporte, par définition, des conditions limites d'utilisation du véhicule. Il importe ici, en cohérence avec les descripteurs de scénarios proposés, de s'appuyer d'abord sur les attributs de l'ODD qui caractérisent les conditions statiques (configuration de l'infrastructure) ou environnementales (visibilité), ainsi que les limites « fixes » de conception du système (ex : vitesse maximale). Cette première « intersection » d'une génération de scénarios avec l'ODD du système doit conduire, logiquement, à borner les descripteurs de scénarios correspondants.

Dans cette approche d'« intersection », il convient d'être vigilant à ne pas chercher à borner artificiellement les conditions de déclenchement des aléas dans un ODD donné (exemple : vitesse, nombre, comportement des tiers - véhicules ou usagers vulnérables). On peut qualifier ces attributs d' « aléas adressables » qui seraient alors mis en avant par le concepteur du système.

Cependant, cette notion présente plusieurs risques :

- Un risque du registre de la « tautologie » ou du « syndrome du réverbère » : si le concepteur du système peut exclure ex ante, dans la sélection des scénarios, ceux dont il estime qu'ils relèvent d'aléas que son système ne sait pas adresser, alors, par définition (théorique) il aura démontré (ex ante) que son système est sûr. Que le concepteur du système puisse ainsi s'exonérer de la prise en compte d'aléas au seul motif qu'il n'est pas supposé les prendre en compte dans les scénarios parce que son système ne les prévoit pas, apparaît nuisible à la recherche de complétude et à la transparence de la démonstration de sécurité.

  A minima, si le concepteur du système entend borner l'espace des conditions de déclenchement des aléas dans la définition de son ODD, il apparaît nécessaire que ces bornes soient explicitées et traitées, dans les scénarios, au titre des « edge cases » (cf. ci- après). Néanmoins l'approche préférable consisterait à se raccrocher à la notion de « raisonnablement prévisible », entendue comme le « raisonnablement envisageable » (« conceivable » en anglais) : par exemple, inférer que les tiers vont respecter les vitesses limites ou plus généralement le code de la route, ne devrait pas être utilisé comme critère pour borner artificiellement la composante « aléas adressables » en complément de la description de l'ODD. Pour autant, il apparaîtrait légitime de considérer que les conditions statiques d'une infrastructure et les performances des véhicules, empêchent de considérer, par exemple, une vitesse de 130 km/h en rues étroites, comme envisageable.

- Un risque de « flou » au regard des obligations et responsabilités pénales des différents acteurs (conducteur, concepteur du système, constructeur automobile, intervenant à distance) : si des conditions de déclenchement d'aléas sont incluses dans l'ODD avec leur caractère multidimensionnel (ex : taille de la cible, vitesse, angle), cela signifierait, au regard des obligations de reprise en main, que le conducteur (ou l'intervenant à distance) est supposé connaître ex ante l'ensemble de ces attributs pour savoir que le véhicule est, au moment de la survenance de cet aléa, en train de sortir de son ODD.

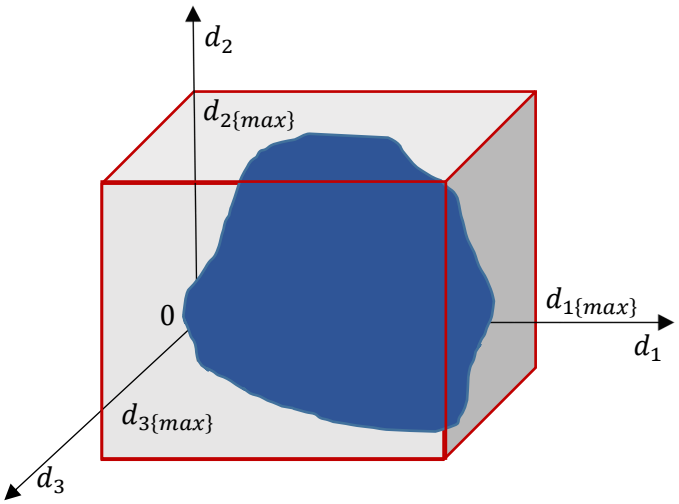
L'encadré suivant illustre simplement le processus d'intersection d'une approche générique de génération de scénarios, avec l'ODD, défini par certaines bornes de valeur des conditions de circulation dans lesquelles le véhicule est supposé circuler.

***Encadré :***

***Illustration de la sélection de scénarios par l'intersection avec des caractéristiques objectives bornées de l'ODD***

On considère un système $S$ défini par son ODD, lui-même défini par $x$ axes de description, dont certains (en nombre $y < x$) donnent lieu à des valeurs bornées des descripteurs. Dans ce cas, l'approche de génération de scénario est croisée avec la définition de l'ODD de manière à ne retenir que les scénarios situés à l'intérieur du sous-espace des scénarios, constitué des $y$ axes bornés.

Ainsi, si on l'on considère par exemple un espace de description des scénarios comportant a priori $x$ axes dont seulement $y = 3$ peuvent être bornés au stade de la définition de l'ODD ($d_1, d_2, d_3$ ci-dessous), l'espace des scénarios projeté sur ces trois axes, est, par définition, borné[6], sans présager que l'espace des scénarios puisse être borné sur les axes eux-mêmes non bornés au stade de la définition de l'ODD.




NB : l'exemple ci-dessus schématisé par un cube plein est le cas particulier de trois descripteurs définis sur un unique intervalle borné. Dans ce cas, tous les scénarios qu'il contient sont pertinents.

Ce document propose une approche de sélection des scénarios au sein de l'espace des scénarios raisonnablement prévisibles dans le domaine d'emploi, fondée sur deux notions :

- la recherche de représentativité des situations potentiellement sévères en termes de risques d'interactions avec les tiers,
- la recherche des situations d'interaction avec les tiers potentiellement extrêmement sévères et qu'il serait déraisonnable de ne pas considérer comme pouvant se produire.

La recherche de représentativité incorpore notamment l'idée de maximiser la fréquence des situations représentées par le scénario choisi.

La recherche des situations extrêmes (non déraisonnables) vise à identifier les scénarios dont (indépendamment des données déjà collectées) rien ne permet de dire qu'il ne peut pas se produire ; cette approche vise en quelque sorte à se départir du critère de fréquence (« exposure ») établi à partir d'observations en situation réelle.

[6] Dans cet exemple, les valeurs minimales de chacun des descripteurs ont été ramenées à 0 pour ne pas alourdir le schéma.

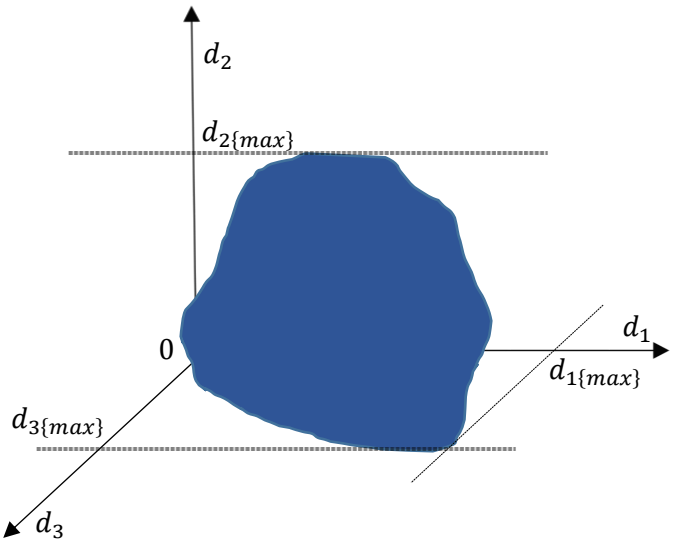
### *1.4. Sélection des scénarios dans un objectif de représentativité*

L'idée sous-jacente au concept de représentativité peut, en théorie et dans l'hypothèse où les scénarios sont probabilisables, se formaliser comme la recherche du set de scénario (contraint en nombre, par exemple pour des raisons de coûts d'administration de ces scénarios) qui représente au mieux le « vrai » risque résiduel du système considéré face à l'ensemble des scénarios qu'il est susceptible de rencontrer.

L'encadré suivant fournit une présentation théorique extrêmement simplifiée du problème, sans prétention de formalisme ni de résolution.

**Encadré : sélection de scénarios probabilisables par discrétisation et représentativité maximale**

On considère un espace de scénarios défini par $n$ axes de description, avec une densité de probabilité définie sur cet espace.




Soit $s$ un scénario de conduite défini sur l'ODD, caractérisé par les valeurs $(x_1, \dots, x_n)$ des descripteurs sur les n axes.

Soit $f$ la densité de probabilité des scénarios dans leur espace.

Alors on a $\int_{x_1}^{D_{f_1}} \int_{x_2}^{D_{f_2}} \dots \int_{x_n}^{D_{fn}} f(x_1, \dots, x_n)\, dx_1 \dots dx_n = 1$

Soit $S_q(x_1, \dots, x_n)$ la sévérité dite « brute » ou « au pire » associée à un scénario $q$. $S$ est définie comme étant la sévérité associée au scénario si aucune réponse du système n'est apportée.

On note $R_q(x_1, \dots x_n)$ le risque résiduel du scénario $q$ après la réponse du système. Ce risque résiduel dépend de la sévérité du scénario et de la réponse du système automatisé.

L'espace des scénarios est supposé borné et continu. Soit A une stratégie de discrétisation de cet espace, conduisant à $q$ scénarios, et on note $A = (A_1, \dots, A_q)$ l'ensemble de ces $q$ scénarios.

On note $p_1, \dots, p_q$ les probabilités associées à chaque scénario, $S_{p_1}, \dots, S_{p_q}$ les sévérités « brutes » ou « au pire » associées aux scénarios et $R_1, \dots, R_q$ les risques résiduels associé (ou sévérité « nette » après réponse du système).

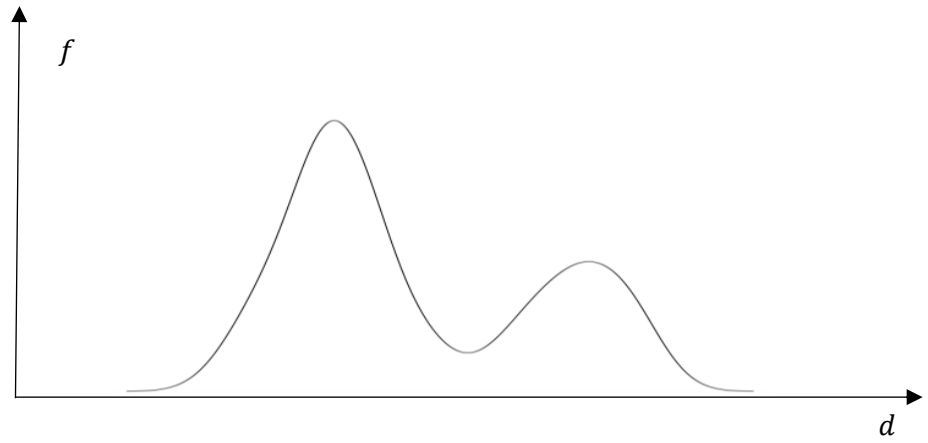
Le choix du set de scénarios discrets devra alors minimiser l'écart entre l'objet de la démonstration de sécurité représenté par le risque résiduel mesuré sur ces scénarios « représentatifs », et celui mesuré sur l'ensemble des scénarios (continus).

$Min_{\{A_1,\dots,A_q\}} (|| \sum_{i=1}^{q} R_i . p_i - \int_{x_1}^{D_{f_1}} \int_{x_2}^{D_{f_2}} \dots \int_{x_n}^{D_{fn}} f(x_1, \dots, x_n)\, dx_1 \dots dx_n ||)$

On peut tenter de simplifier le formalisme précédent en représentant un espace des scénarios simplifié (unidimensionnel) sur lequel sont caractérisés à la fois la fréquence et la sévérité (on entend par sévérité ici le risque résiduel une fois la réponse du système apportée face aux aléas).

**Encadré : simplification de l'approche sur une description unidimensionnelle des scénarios**

On considère $d$ le descripteur (unidimensionnel) de l'espace des scénarios sur l'ODD, et $f$ la densité de probabilité du scénario de caractéristique *d*.




On suppose que le descripteur *d* a été ordonné de telle sorte que les sévérités sont croissantes avec *d*.

La discrétisation des sévérités découle de l'échelle proposée dans la méthode GAME issue de la norme ISO 26262 :

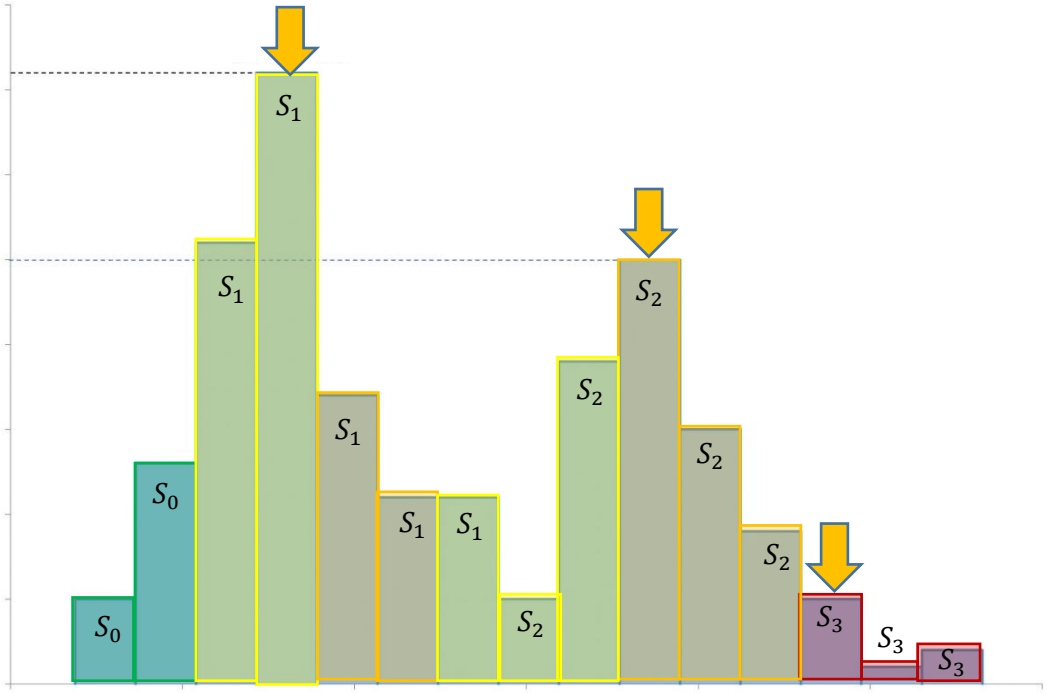
*Tableau 1 : Classes de gravités utilisées dans le guide GAME*

| Niveau de gravité | Description du niveau de dommage(s) |
|---|---|
| S0 | Pas de blessure |
| S1 | Blessures légères et modérées |
| S2 | Blessures graves (survie probable) |
| S3 | Blessures mortelles (survie incertaine) ou décès [7] |

La discrétisation de la distribution de probabilité des scénarios selon l'axe d permet alors aisément de déduire, pour chacune des classes de sévérité, la classe de scénarios la plus représentée (maximum local de vraisemblance), comme l'illustre le schéma ci-dessous.

[7] Classe S3 avec de très nombreuses équivalences en décès dans des cas particuliers.
Au sein du niveau G3, un marqueur (*) est prévu afin de marquer les évènements associés à des configurations pouvant donner lieu à un scénario d'accident dans les cas de zones d'interaction routier-ferroviaire ou à un scénario de sur-accident dans certains cas particuliers, et dont les conséquences potentielles seraient catastrophiques de par le nombre de personnes potentiellement impliquées : nombre de passagers importants avec risque de blessures mortelles généralisé ou conséquences de l'accident impliquant potentiellement un nombre important d'usagers de la route, ce qui conduirait à de très nombreuses équivalences en décès (probablement plus de 10 ; il convient de se rapporter notamment à l'annexe C de la norme EN 50126-1).

Dans l'exemple, on suppose que la distribution est discrétisée en 15 classes, ordonnées par ordre de sévérité croissante. L'approche de discrétisation conduit à sélectionner les 3 scénarios ci-dessous correspondant à la fréquence maximale observée sur chaque niveau de sévérité (si l'on exclut ceux de sévérité très faible).




### *1.5. Edge cases : approches possibles pour une démarche de sélection*

Le concept de « edge case » désigne, dans la conception des systèmes, une situation qui n'apparaît qu'en limite extrême d'un paramètre, ou un cas marginal qui ne représente « que lui-même », non caractéristique du commun. Dans le cas des développements logiciels, l'edge case désigne une typologie de « bug » qui ne signale pas un problème généralisé et qui se produit uniquement dans le cas de circonstances non prévues et non courantes. Un edge case ne signifie pas nécessairement qu'il a de dramatiques conséquences.

Appliqué aux scénarios de conduite, le concept de « edge case » semble ainsi pouvoir recouvrir :

- les limites (bornes) de définition des descripteurs utilisés pour définir l'espace des scénarios ;
- le caractère extrêmement sévère (grave) des scénarios ainsi définis
- le fait que leur probabilité soit extrêmement faible, au sens où elle n'est pas mesurable dans un système d'observation.

En pratique, les trois concepts ci-dessus apparaissent relativement liés : les scénarios les plus sévères se rencontrent préférentiellement aux limites de définition des bornes de l'ODD (c'est en général ainsi qu'est défini l'ODD) et sont, heureusement, également les plus rares, voire de probabilité non mesurable.

Cette convergence des trois critères apparaît clairement si l'on se rapporte à deux familles de descripteurs des scénarios couramment utilisés que sont les vitesses des acteurs et leur visibilité les uns pour les autres. On rejoint le concept très intuitif que les scenarios « edge » sont ceux où des événements précurseurs de collision arrivent « par surprise », i.e. avec un préavis de visibilité / détection très faible. La recherche des scénarios « edge » conduit alors à pousser à leurs extrêmes les valeurs de vitesses (relatives) des acteurs du scénario, et les conditions de visibilité (avec la notion de masque et en particulier l'angle de masquage qui détermine le degré d'anticipation d'un point de choc et délimite la distance à partir de laquelle le système est capable de prendre en considération la situation pour y répondre, quelles que soient ses performances et en l'absence de tout dispositif suppléé à ses capteurs.

La recherche de scénarios « edge » dans cette approche rejoint le concept de time to collision (TTC), comme l'illustre l'encadré ci-après.

**Encadré : recherche de scénarios edge et time-to-collision**

$TTC = f(v, a_{col}, a_{masq})$ ou $v$ la vitesse, $a_{col}$ l'angle du point de choc potentiel et $a_{masq}$ l'angle de masquage de la cible.

Il est de plus intuitif et éprouvé que :

- une vitesse croissante diminue le TTC,
- un angle de masquage croissant diminue le TTC,
- l'angle de la collision est directement déduit des trajectoires des deux véhicules sans modification en réponse à la situation.

Etant donné que les masques sont définis par leur localisation mais également par des propriétés caractéristiques comme leur opacité, leur taille (largeur, volume) par exemple, leur intégration proprement dans les scénarios ne peut être réalisée qu'en lien à la définition et à la description de l'ODD.

De plus, le calcul du TTC lui-même intègre la prise en compte des paramètres de décélération de l'ego ainsi que des paramètres performantiels tels que l'adhérence à la chaussée ou le frottement.

En ce qui concerne l'angle de la collision potentielle dans le calcul du temps à la collision, deux situations se distinguent en fonction de l'angle de la situation initiale par rapport à la valeur cible de 90 degrés : lorsque cet angle est inférieur à 90 degrés et lorsqu'il est supérieur à 90 degrés. Cette distinction provient de la considération des configurations possibles de collision : chaque véhicule ayant quatre coins et quatre côtés, les combinaisons aboutissent à un total de 10 configurations possibles [1].

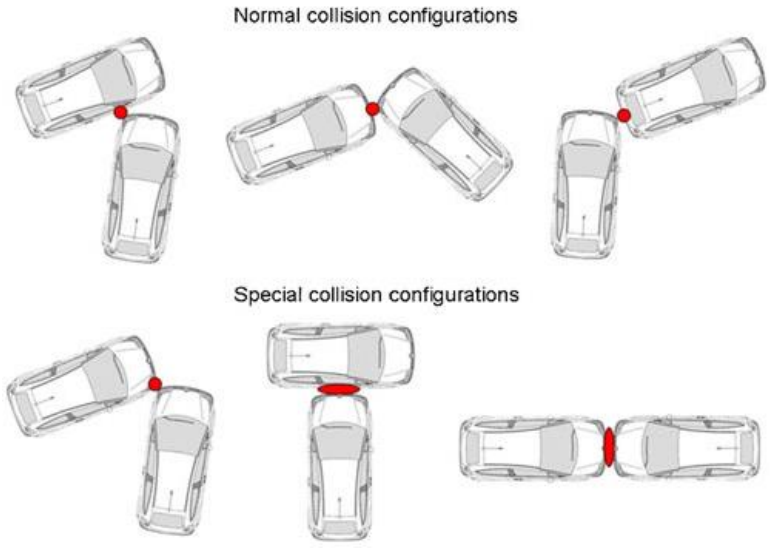



*Figure 2 : Exemples de collisions possibles entre deux véhicules*

En ce qui concerne la vitesse de circulation, la sévérité augmente de manière croissante avec une augmentation de la vitesse.

## 2. *Deuxième partie : approches de production sélective de scénarios*

### *2.1. Introduction*

Cette partie s'inscrit dans la démarche de production « inductive » de scénarios, en cherchant à se départir de la logique de sélection des scénarios construits essentiellement par combinatoires de descripteurs, qui a fait l'objet de la première partie. Cette partie explore plusieurs démarches de production « inductive » :

- le cadre réglementaire européen (UE) 2022/1426 de réception par titre des véhicules totalement automatisés, équipés de systèmes de conduite automatisée et en particulier sur la liste de scénarios fonctionnels décrite dans ses annexes ;
- une démarche à dires d'experts s'inspirant des listes de scénarios (de pré-accidents) proposées par la NHTSA ;
- la notion de « prudence accrue », consistant à recherche des scénarios non pas dans les risques imminents de collision (pre-crash), mais dans des scène plus complexes, dont précisément la complexité doit constituer un facteur de vigilance accrue, et de comportement prudent (typiquement : ralentir)
- dans cet ordre d'idées, le rappel d'un certain nombre d'exigences du code de la route qui présentent la caractéristique de n'être pas « binaires », mais d'intégrer la prise en compte des comportements et intentions des autres usagers.

Dans cette partie, il n'a pas été visé d'assurer une parfaite articulation entre ces approches, ce qui peut conduire à ce que les listes de scénarios qui s'en déduisent, se recoupent entre elles. Néanmoins, ces recoupements peuvent être riches d'enseignements, en pointant précisément les scénarios qui, quelle que soit l'approche retenue, se retrouvent mis en lumière : on trouve notamment que les scénarios impliquant plusieurs véhicules et des usagers vulnérables, dans des intersections en particulier, constituent un creuset pour affiner la production de scénarios dans l'approche inductive.

Dans cette partie, ont été considérés les scénarios dynamiques entre l'ego et les tiers. Les scénarios d'arrêt dangereux n'ont pas été considérés (alors qu'ils sont d'intérêt pour la conception des manœuvres à risque minimal), ni ceux relatifs aux interactions avec les forces de l'ordre, les véhicules prioritaires et plus généralement les « primo-intervenants ».

### *2.2. Approche s'appuyant sur les scénarios du règlement UE-ADS*

Pour appliquer la démarche inductive, cette partie prend comme premier point d'appui la liste des scénarios proposés dans le règlement UE-ADS de 2022. Cette liste de scénarios présente en effet, outre son statut règlementaire, plusieurs avantages pour poursuivre la sélection de scénarios par leur représentativité et leur capacité à rassurer sur les réponses du système aux situations extrêmes :

- les scénarios du règlement ADS peuvent être considérés comme communs à tous les ODD, car portant sur des manœuvres relativement « standard » (aller tout droit, franchir une intersection, tourner) ;
- ces scénarios laissent suffisamment de marge pour préciser, selon les cas, des environnements de circulation plus spécifiques ou, des comportements de tiers présumés particulièrement critiques ;
- ces scénarios sont projetables sur les axes de descripteurs de scénarios recommandés dans l'approche de génération de scénarios de la DGITM[8].

Cette partie propose alors, à partir des scénarios listés dans le règlement ADS (qui, exprimés de façon plutôt fonctionnelle, représentent environ 60 scénarios) de compléter les axes de description proposés, à l'aide de combinatoires plus riches (ex : nombre d'usagers concernés par la scène ; nature de ces usagers) ou d'axes de description destinés à couvrir des spécificités extraites de l'analyse détaillée des zones ou parcours de

[8] Cf. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DGITM_Approche-par-scenarios-fevrier-2022_0.pdf

circulation (ex : masques de visibilité). Elle ne présage pas d'étapes ultérieures de paramétrage s scénarios fonctionnels pour en déduire des scénarios concrets que l'on peut inférer comme les plus critiques (ex : vitesses critiques des autres usagers).

Cette démarche conduit ainsi à rajouter aux 60 scénarios fonctionnels proposés dans le règlement ADS, de nouveaux scénarios fonctionnels, tout en restant dans la logique qui semble avoir prévalu au choix de ces scénarios dans le règlement.

Ces scénarios fonctionnels additionnels sont essentiellement construits en développant la combinatoire des interactions entre le véhicule égo, le véhicule (ou usager vulnérable – VRU) potentiellement source de la collision, et d'autres usagers de la route que l'on peut qualifier de masques (ou, dans certains cas, de facteur de blocage de la circulation : ex : voie de sortie d'une intersection obstruée).

Ces « combinatoires augmentées » issues des scénarios du règlement UE-ADS sont, en synthèses, fondées sur la logique suivante

- en sus de l'interaction entre le véhicule égo et le véhicule ou l'usager source de risque de collision, doivent être pris en compte les véhicules de l'environnement immédiat (immédiatement devant, immédiatement derrière, à gauche, à droite), susceptibles de constituer un masque de visibilité vis-à-vis de l'objet de la collision ;

- les usagers source de collision sont ceux situés sur la trajectoire cible du véhicule égo, ce qui signifie qu'il convient a minima de considérer :
    - pour les intersections :
        - en traversée tout droit : 3 véhicules (droite, gauche, en face avec tourner à gauche potentiel)
        - en tourner à droite : 2 véhicules (gauche, en face avec tourner à gauche potentiel)
        - en tourner à gauche : 4 véhicules (droite, gauche, en face allant tout droit, en face avec tourner à gauche potentiel
    - en traversée de rond-point :
        - 2 véhicules (circulant sur le rond-point, entrant sur la branche n-1 du rond-point)
    - en changement de voie sur chaussées à voies séparées (y compris en insertion / diffuseur) :
        - 3 véhicules : devant le véhicule égo sur la voie égo ; véhicule situé devant sur la voie adjacente cible du changement de voie ; véhicule approchant par l'arrière sur la voie adjacente ;
    - en changement de voie (pour dépassement) sur route bidirectionnelle
        - 4 véhicules : devant le véhicule égo, en face du véhicule égo sur la voie cible du changement de voie ; devant le véhicule précédant le véhicule égo susceptible d'allonger ou géner le rabattement ; derrière le véhicule égo susceptible de changer de file au moment de la manœuvre du véhicule égo

- en sus des masques et des usagers sources de collision, il est utile considérer les véhicules susceptibles de bloquer la fin de la manœuvre en générant un risque (sortie d'intersection obstruée).

De façon synoptique, les scénarios du règlement UE-ADS se présentent comme suit :

| **Environnement de circulation** | | | **Manœuvre nominale** | **Aléa (tiers)** | | | | | | **#** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ***immédiat*** | | | | | ***Secondaire*** | |
| *Caractéristiques statiques* | *Environnement - visibilité* | *Signalisation* | | *Positionnement* | *Nature* | *Comportement longitudinal* | *Latéral* | *Dimension* | | |
| Section courante | Non précisé | Non précisé | Aller tout droit | Voie ego | Véhicule | Vitesse stable | Zéro | Non précisé | Néant | 1 |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | 2 |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | 3 |
| | | | | | | | Cut in | | Cut out | 4 |
| | | | | | | Décélérant | Zéro | | Néant | 5 |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | 6 |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | 7 |
| | | | | | | Arrêté | | | Néant | 8 |
| | | | | | | | | | Cut out | 9 |
| | | | | | VRU | Vitesse stable | Zéro | | Non précisé | 10 |
| | | | | | | | Cut in | | | 11 |
| | | | | | | Embardées | | | Néant | 12 |
| | | | | | | Arrêté | | | Cut out | 13 |
| | | | | | | Traversée | | | Néant | 14 |
| | | | | | Objet | Fixe | | Franchissable | Néant | 15 |
| | | | | | | | | Bloquant | Cut out | 16 |
| | | | Changer de voie (dont insertion – sortie) | Voie ego | Véhicule | Vitesse stable | Zéro | Non précisé | Non précisé | 17 |
| | | | | | | | | | | 18 |
| | | | | | | | | | | 19 |
| Zone de travaux | Non précisé | Verticale | Aller tout droit | Voie ego | Néant | Non précisé | Non précisé | Non précisé | Non précisé | 20 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 21 |
| | | Feux | Aller tout droit | Voie ego | Néant | | | | | 22 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 23 |
| | | Police | Aller tout droit | Voie ego | Néant | | | | | 24 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 25 |
| Passage piéton | Non précisé | Signalisation horizontale | Aller tout droit | Voie ego | VRU | Non précisé | Traversant | Non précisé | Non précisé | 26 |
| | | | | | | | Approchant | | | 27 |
| | | + signalisation verticale | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | | 28 |
| | | | | | | | Approchant | | | 29 |
| | | + feux | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | | 30 |
| | | | | | | | Approchant | | | 31 |
| | | Police | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | | 32 |
| | | | | | | | Approchant | | | 33 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intersection | Non précisé | Néant | Aller tout droit | Voie ego | Néant | Non précisé | Non précisé | Non précisé | Non précisé | 34 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 35 |
| | | | | Voie intersectée | Néant | | | | | 36 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 37 |
| | | Priorités | Aller tout droit | Voie ego | Néant | | | | | 38 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 39 |
| | | | | Voie intersectée | Néant | | | | | 40 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 41 |
| | | Feux | Aller tout droit | Voie ego | Néant | | | | | 42 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 43 |
| | | | | Voie intersectée | Néant | | | | | 44 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 45 |
| | | Police | Aller tout droit | Voie ego | Néant | | | | | 46 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 47 |
| | | | | Voie intersectée | Néant | | | | | 48 |
| | | | | | Véhicule | | | | | 49 |
| | | Non précisé | Tourner à droite | Non précisé | Non précisé | | | | | 50 |
| | | | Tourner à gauche | | | | | | | 51 |
| Parking (parallèle ou perpendiculaire à la section) | Non précisé | (piéton masqué) | Se garer | Voie ego | Véhicule | Circulant | | Non précisé | Non précisé | 52 |
| | | | | | Piéton | Traversant | | | | 53 |
| | | | | | Objet | Fixe | | | | 54 |
| | | | | Place visée | Véhicule | Occupant | | | | 55 |
| | | | | | Piéton | Traversant | | | | 56 |
| | | | | | Objet | Fixe | | | | 57 |
| | | | Sortir de sa place | Voie ego | Véhicule | Circulant | | | | 58 |
| | | | | | Piéton | Traversant | | | | 59 |
| | | | | | Objet | Fixe | | | | 60 |

***Propositions de compléments***

Le tableau ci-dessous propose un premier set de compléments aux scénarios issus du règlement ADS présentés ci-dessus. Ces scénarios sont construits principalement en rajoutant les combinatoires construites comme présenté ci-dessus.

| - Environnement de circulation | | | Manœuvre nominale | Aléa (tiers) | | | | | | # |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ***Immédiat (cible)*** | | | | | ***Secondaire (masque)*** | |
| *Caractéristiques statiques* | *Environnement - visibilité* | *Signalisation* | | *Positionnement* | *Nature* | *Comportement longitudinal* | *Latéral* | *Dimension* | | |
| Section courante | Non précisé | Non précisé | Aller tout droit | Voie ego | Véhicule | Vitesse stable | Zéro | Non précisé | Néant | |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | |
| | | | | | | | Cut in | | Cut out | |
| | | | | | | Décélérant | Zéro | | Néant | |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | |
| | | | | | | Arrêté | | | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | VRU | Vitesse stable | Zéro | Distinguer adulte debout, enfant debout, EDP | Néant | |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | |
| | | | | | | | Cut in | | Cut out | |
| | | | | | | Embardées | | Idem | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | Arrêté | | Idem | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | Traversée | | Idem | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | Objet | Fixe | | Franchissable | Néant | |
| | | | | | | | | Bloquant | Cut out | |
| | | | Reculer | Voie ego | Véhicule | Vitesse stable | Zéro | | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | Arrêté | | | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | VRU | Vitesse stable | Zéro | Adulte debout, enfant debout, | Néant | |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Cut in | EDP, PMR assis | Néant | |
| | | | | | | | Cut in | | Cut out | |
| | | | | | | Arrêté | Zéro | Idem + couché | Néant | |
| | | | | | | | Zéro | | Cut out | |
| | | | | | | | Cut in | | Néant | |
| | | | | | | | Cut in | | Cut out | |
| | | | | | Objet | Fixe | | Franchissable | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | | Bloquant | Néant | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | Changer de voie chaussés séparées | Voie ego<br>Voie adjacente | Véhicule | A combiner (1) | | | | |
| | | | Changement de voie bidirectionnelle | Voie ego<br>Voie de face | Véhicule | A combiner (2) | | | | |
| Zone de travaux voie à chaussées séparées | Non précisé | Verticale | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie adjacente | Véhicule | A combiner (3) | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| | | Feux | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie adjacente | Véhicule | | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| | | Police | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie adjacente | Véhicule | | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| Zone de travaux voie bidirectionnelle | Non précisé | Verticale | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie de face | Véhicule | A combiner (4) | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| | | Feux | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie de face | Véhicule | | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| | | Police | Aller tout droit<br>Se déporter | Voie ego<br>Voie de face | Véhicule | | | | | |
| | | | | | VRU | | | | | |
| Passage piéton | Non précisé | Signalisation horizontale | Aller tout droit | Voie ego | VRU | Non précisé | Traversant | Distinguer adulte debout, enfant debout, EDP, PMR assis | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | Approchant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | + signalisation verticale | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | Approchant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | + feux | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | Approchant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | Police | Aller tout droit | Voie ego | VRU | | Traversant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | | Approchant | | Néant | |
| | | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | | Cut out | |
| Intersection | Non précisé | Néant | Aller tout droit | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | A combiner (5) | | | | |
| | | Priorités | Aller tout droit | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |
| | | Feux | Aller tout droit | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |
| | | Police | Aller tout droit | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |
| | | Néant | Tourner à droite | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | A combiner (6) | | | | |
| | | Priorités | Tourner à droite | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |
| | | Feux | Tourner à droite | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |
| | | Police | Tourner à droite | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Néant | Tourner à gauche | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | A combiner (7) | | | |
| | | Priorités | Tourner à gauche | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | |
| | | Feux | Tourner à gauche | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | |
| | | Police | Tourner à gauche | Voie ego<br>Voie intersectée | Véhicule<br>VRU | | | | |
| Rond-point | | | ∀ [entrée X → sortie Y] | | Véhicule | A combiner (8) | | | |
| Parking (parallèle ou perpendiculaire à la section) | Non précisé | (piéton masqué) | Se garer | Voie ego | Véhicule | Circulant | Non précisé | Non précisé | |
| | | | | | Piéton | Traversant | | | |
| | | | | | Objet | Fixe | | | |
| | | | | Place visée | Véhicule | Occupant | | | |
| | | | | | Piéton | Traversant | | | |
| | | | | | Objet | Fixe | | | |
| | | | Sortir de sa place | Voie ego | Véhicule | Circulant | | Néant | |
| | | | | | | | | Parallèle | |
| | | | | | | | | Cut in | |
| | | | | | | | | Cut out | |
| | | | | | | Arrêté | | Aval | |
| | | | | | | | | Amont | |
| | | | | | Piéton | Traversant | | Néant | |
| | | | | | | | | Amont | |
| | | | | | | | | Aval | |
| | | | | | Objet | Fixe | | | |

(1) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 4 : véhicule égo, véhicule à dépasser, véhicule arrivant par l'arrière, véhicule devançant le véhicule à dépasser

(2) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 5 : véhicule égo, véhicule arrivant de face, véhicule à dépasser, véhicule arrivant par l'arrière, véhicule devançant le véhicule à dépasser

(3) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 4 : véhicule égo, véhicule d'intervention ou usager vulnérable (dont intervenant sur la chaussée), véhicule arrivant par l'arrière, véhicule masquant l'usager vulnérable ou le véhicule d'intervention

(4) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 5 : véhicule égo, véhicule d'intervention ou usager vulnérable (dont intervenant sur la chaussée), véhicule arrivant de face, véhicule arrivant par l'arrière, véhicule masquant l'usager vulnérable ou le véhicule d'intervention

(5) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 4 : véhicule égo, véhicule abordant l'intersection par la gauche, véhicule arrivant en face susceptible d'effectuer un tourner à gauche, véhicule situé devant ou parallèle au véhicule égo masquant l'angle de l'intersection

(6) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 5 : véhicule égo, véhicule sur la voie intersectée, situé en amont à gauche du véhicule égo et visant la traversée de l'intersection tout droit, véhicule ou usager vulnérable situé en aval sur la branche de l'intersection visée, véhicule arrivant en face susceptible d'effectuer un tourner à gauche, véhicule situé devant ou parallèle au véhicule égo masquant l'angle de l'intersection

(7) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima de 6 : véhicule égo, véhicule sur la voie intersectée situé en amont à gauche et visant la traversée de l'intersection tout droit, véhicule sur la voie intersectée situé en amont à droite du véhicule égo et visant la traversée de l'intersection tout droit véhicule ou usager vulnérable situé en aval sur la branche de l'intersection visée par le véhicule égo, véhicule arrivant en face du véhicule égo, véhicule situé devant ou parallèle au véhicule égo masquant l'angle de l'intersection

(8) Pour ces scénarios, le nombre d'acteurs dont les manœuvres nominales sont scénarisées devrait être a minima égal au nombre de 4 : véhicule égo, véhicule situé sur le rond-point, véhicule abordant le rond-point sur les deux voies amont à celle du véhicule égo, véhicule situé devant ou parallèle au véhicule égo masquant l'angle de l'intersection

Le tableau ci-dessous résume la logique de constitution des combinatoires entre le véhicule égo, les usagers précurseurs de collision, les usagers susceptibles de constituer des maques, et les usagers susceptibles de constituer une gêne à la manœuvre la rendant risquée.

| ***Situation / scénario*** | ***Véhicules précurseurs de collision*** | ***Véhicule masque*** | ***Véhicule entrave à la manœuvre*** |
|---|---|---|---|
| Changement de file voie à chaussée séparée | Véhicule précédant<br>Véhicule approchant sur la voie adjacente | Véhicule précédant<br>Véhicule approchant sur la voie adjacente | Véhicule précédant le véhicule précédant |
| Changement de voie route bi-directionnelle | Véhicule précédant<br>Véhicule arrivant en face<br>Véhicule arrière sur la voie adjacente | Véhicule précédant | Véhicule précédant le véhicule précédant |
| Intersection - franchissement | Véhicule venant de droite<br>Véhicule venant de gauche<br>Véhicule de face susceptible de virer à gauche | Véhicule sur une voie adjacente aux véhicules précurseurs ci-contre | Véhicule dans la voie de sortie de l'intersection |
| Intersection – tourner à droite | Véhicule venant de gauche<br>Véhicule de face susceptible de virer à gauche | Véhicule sur une voie adjacente aux véhicules précurseurs ci-contre | Véhicule dans la voie de sortie de l'intersection |
| Intersection – tourner à gauche | Véhicule venant de gauche<br>Véhicule venant de droite<br>Véhicule de face susceptible de virer à gauche | Véhicule sur une voie adjacente aux véhicules précurseurs ci-contre | Véhicule dans la voie de sortie de l'intersection |
| Rond-point | Véhicule déjà inséré<br>Véhicule entrant sur l'entrée n-1 | Véhicule sur une voie adjacente aux véhicules précurseurs ci-contre | |
| Sortie de parking | Véhicule venant de l'arrière | Véhicule attendant la place derrière | Véhicule attendant la place devant |

### *2.3. Approche par type de réponse attendue : nominal, pré-accident, prudence*

Pour appliquer la démarche inductive, cette partie s'inspire de la démarche adoptée par exemple par la NHTSA, visant à définir un set limité de scénarios fonctionnels représentatifs de situations critiques (« pré-crash »).

***Encadré : liste des scénarios (events = aléas) proposés dans l'approche « testable scénarios » NHTSA 2018***

| |
|---|
| Lead vehicle decelerating |
| Lead vehicle stopped |
| Lead vehicle accelerating |
| Lead vehicle turning |
| Vehicle changing lanes |
| Vehicle cutting in |
| Vehicle entering roadway |
| Opposing vehicle encroaching |
| Adjacent vehicle encroaching |
| Lead vehicle cutting out |
| Pedestrian crossing road – inside crosswalk |
| Pedestrian crossing road – outside of crosswalk |
| Pedalcyclist riding in lane |
| Pedalcyclist riding in dedicated lane |
| Pedalcyclist crossing road – inside crosswalk |
| Pedalcyclist crossing road – outside crosswalk |
| Lead vehicle decelerating |
| Lead vehicle stopped |
| Lead vehicle accelerating |
| Debris static in lane |
| Dynamic object in lane |
| Dynamic object moving into/out of lane |

| |
|---|
| Emergency vehicle (active) static |
| Emergency vehicle (active) passing |
| Emergency vehicle (active) encroaching |
| Emergency vehicle (active) driving wrong direction |
| Emergency vehicle (active) violating precedence |
| School bus (active) stopped in lane |
| School bus (active) stopped in adjacent lane |
| School bus stopped in opposing/undivided lane |
| Other traffic control devices |

La démarche adoptée ci-après vise à élargir la production de scénarios notamment pour tenir compte de la diversité d'usagers circulant sur la chaussée (cyclistes, piétons), de la diversité des configurations de la géométrie routière (intersections, carrefours giratoires). Elle a visé à sélectionner « by design » des situations particulièrement critiques tout en étant assez fréquentes dans la vie d'un conducteur « moyen ». Cette démarche a également utilisé les premiers retours d'expérience publics issus des circulations à grande échelle aux Etats-Unis.

Cette démarche inductive incorpore la notion de « scénarios de comportement prudent » brièvement décrite en introduction de la partie « inductive » de ce document. Ainsi, elle inclut des situations dans lesquels le conducteur commun apprend à redoubler de prudence et à adapter son comportement par l'anticipation d'un danger potentiel au vu des caractéristiques d'une scène de conduite.

Cette démarche conduirait ainsi à considérer une centaine de scénarios fonctionnels détaillés ci-après :

| | |
|---|---|
| 1 | L'ego circule au niveau d'un arrêt de transport en commun sur route à chaussées bidirectionnelles (2*2 voies) avec un passage pour piétons à proximité |
| 2 | L'ego arrive au niveau d'un véhicule de transport en commun arrêté dans une encoche de montée/descente et s'apprête à repartir |
| 3 | L'ego circule en longeant la voie d'un transport par rails (tramway) située sur sa gauche et approche un arrêt de montée/dépose de voyageurs |
| 4 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle et des cyclistes (enfants) circulent à contresens dans la voie opposée, de façon adjacente à l'ego |
| 5 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle avec cyclistes circulant à contresens dans la zone de stationnement à droite de la voie de circulation de l'ego |
| 6 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies, sur la voie de gauche tandis qu'un poids lourd circule sur la voie de droite (et empiète sur sa voie) |
| 7 | L'ego arrive au droit d'un carrefour giratoire et désire prendre la première sortie, accessible par un shunt lui évitant d'entrer sur le giratoire) |
| 8 | L'ego arrive au droit d'une intersection (en X), s'apprête à aller tout droit, un poids lourd tourne à droite depuis la voie de gauche et empiète dans la voie de l'ego |
| 9 | L'ego arrive au droit d'un carrefour à feux au rouge et s'apprête à tourner à droite, manœuvre permise par la présence de la flèche jaune |
| 10 | L'ego circule sur voie dédiée sur une route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies (dont l'une dédiée) et s'apprête à s'insérer sur la voie mixte (fin de voie dédiée) – l'insertion étant régie par carrefour à feux |
| 11 | L'ego arrive à proximité directe d'un véhicule usagers lents ou encombrants à feu jaune clignotant sur section courante empêchant ou limitant un mouvement de dépassement |
| 12 | L'ego arrive à proximité directe d'un véhicule usagers lents ou encombrants à feu jaune clignotant, au niveau d'une intersection empêchant un mouvement de tourne à droite |
| 13 | L'ego circule sur route à chaussées bidirectionnelles (2*1 voie) séparées par une voie de tramway et effectue une manœuvre de dépassement sur la voie de gauche, partagée avec le tramway |
| 14 | L'ego circule en section courante et s'apprête à croiser une horde de cycliste en sens inverse |
| 15 | L'ego circule en section courante tandis qu'une horde de cyclistes circule dans sa voie (devant/derrière) |
| 16 | L'ego circule en section courante tandis qu'un attroupement de piétons marche sur le trottoir et déborde sur la chaussée |
| 17 | L'ego circule sur voie rapide urbaine à l'approche d'un véhicule de chantier circulant à faible vitesse sur la voie de droite ou bande d'arrêt d'urgence |
| 18 | L'ego circule sur voie rapide urbaine à l'approche d'un véhicule de chantier accompagnés d'agents d'exploitation à côté du véhicule |
| 19 | L'ego circule en section courante au droit d'une zone de chantier avec présence d'ouvriers sur la chaussée |
| 20 | L'ego circule en section courante et s'apprête à croiser un convoi exceptionnel |
| 21 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle derrière un véhicule qui freine |
| 22 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la file de gauche, en dépassement d'un véhicule sur la voie adjacente de droite |
| 23 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie et arrive au droite d'un passage pour piétons, un piéton s'apprêtant à traverser. |
| 24 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la file de gauche et arrive au droite d'un passage pour piétons où un piéton est engagé devant le véhicule de la voie adjacente à droite, arrêté |

| | |
|---|---|
| 25 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'un dos d'âne sur lequel se trouve un passage pour piétons |
| 26 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie au niveau d'un rétrécissement de la chaussée où il est prioritaire/non prioritaire |
| 27 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie avec un véhicule de livraison (poids lourds) stationné sur plus de la moitié de la voie de l'ego |
| 28 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie avec un véhicule de livraison (poids lourds) stationné sur plus de la moitié de la voie de l'ego avec un véhicule arrivant en face |
| 29 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie avec un véhicule de livraison (poids lourds) stationné sur plus de la moitié de la voie de l'ego avec un véhicule arrivant en face et un deux roues motorisées (2RM) dépassant l'ego par la gauche |
| 30 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle en situation congestionnée (au moins dans le sens de l'ego) avec des 2RM/cyclistes circulant en interfile |
| 31 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle en situation congestionnée (au moins dans le sens de l'ego) avec des 2RM/cyclistes circulant en interfile à gauche et à droite |
| 32 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière |
| 33 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant de la gauche |
| 34 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicules venant de la droite et de la gauche |
| 35 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière et un piéton souhaite traverser sur un passage pour piétons devant l'ego (en amont du tourne à droite ou après la manœuvre entamée sur la voie qu'il rejoint) |
| 36 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière et un piéton souhaite traverser sur un passage pour piétons devant l'ego avec véhicule venant de gauche |
| 37 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en T où il n'est pas prioritaire (CLP ou stop) avec véhicules venant de droite et gauche |
| 38 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X (angle entre 90 et 135 degrés) où il n'est pas prioritaire (CLP ou stop) avec usager sur la voie principale |
| 39 | L'ego tourne à droite au niveau d'un carrefour en X (angle inférieur à 90 degrés) où il n'est pas prioritaire (CLP ou stop) avec usagers sur la voie principale |
| 40 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant en face et allant tout droit |
| 41 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant en face et tournant à droite |
| 42 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant en face et tournant à gauche (en se contournant ou à l'indonésienne) |
| 43 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant de la droite et allant tout droit |
| 44 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant de la droite et tournant à gauche |
| 45 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant gauche et allant tout droit |
| 46 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant gauche et tournant à gauche |
| 47 | L'ego tourne à gauche au niveau d'un carrefour en X sans signalisation particulière avec véhicule venant en face allant tout droit masquant un cycliste |

| | |
|---|---|
| 48 | L'ego s'insère sur un carrefour giratoire et sort à une sortie ne dépassant pas 180 degrés avec véhicules présents sur l'anneau à 2 voies |
| 49 | L'ego s'insère sur un carrefour giratoire et sort à une sortie dépassant les 180 degrés avec véhicules présents sur l'anneau à 2 voies (passage de la voie de gauche à la voie de droite pour sortir) |
| 50 | L'ego franchit un carrefour giratoire et un piéton traverse sur un passage pour piétons au droit de la sortie choisie par le véhicule |
| 51 | L'ego franchit un carrefour giratoire et un cycliste se trouve sur sa droite (va tour droit) au niveau de sa sortie |
| 52 | L'ego circule en section courante, est suivi par un véhicule qui ne respecte pas les distances de sécurité et un piéton traverse devant l'ego en dehors d'un passage pour piétons |
| 53 | L'ego tourne à droite au niveau d'une intersection tandis qu'un cycliste arrive par la droite en angle mort et va tout droit |
| 54 | L'ego s'apprête à franchir une bande cyclable où circulent des cyclistes dans les deux sens |
| 55 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2 (2*1) voies séparées par ligne blanche continue, à accotements avec trottoirs et un cycliste circule devant l'ego (moins vite) |
| 56 | L'ego entreprend une manœuvre de stationnement en créneau à droite |
| 57 | L'ego entreprend une manœuvre de stationnement en créneau à droite sur route à chaussées bidirectionnelles à 2*1 voie avec véhicules arrivant en face et derrière |
| 58 | L'ego entreprend une manœuvre de stationnement en créneau à gauche (sur route à chaussée unidirectionnelle) |
| 59 | L'ego s'apprête à accoster à un arrêt de montée/descente de voyageurs |
| 60 | L'ego s'apprête à redémarrer après la montée/dépose de voyageurs et s'insère dans le trafic (au moins un véhicule arrive par l'arrière) |
| 61 | L'ego effectue un demi-tour permis au niveau d'une intersection (carrefour à feux) |
| 62 | L'ego franchit un carrefour à feux et va tout droit |
| 63 | L'ego franchit un carrefour à feux et tourne à droite, il cède le passage aux piétons de la route perpendiculaire qui ont le vert |
| 64 | L'ego franchit un carrefour à feux et tourne à gauche et un véhicule arrive en face (report aux situations de tourne à gauche en X) |
| 65 | L'ego circule dans une zone de rencontre avec différentes typologies d'usagers vulnérables (circulation en sens unique) |
| 66 | L'ego s'insère sur une voie rapide urbaine à chaussées séparées avec un véhicule sur la voie souhaitée circulant à la vitesse maximale autorisée |
| 67 | L'ego s'insère sur une voie rapide urbaine à chaussées séparées avec une densité importante de véhicules déjà présents sur la voie |
| 68 | L'ego sort d'une voie rapide urbaine à chaussées séparées avec une densité importante de véhicules déjà présents sur la voie |
| 69 | L'ego circule en section courante et s'apprête à appréhender un objet inerte sur sa voie |
| 70 | L'ego circule en section courante et un animal traverse la chaussée (à droite/à gauche) |
| 71 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie en poursuite de véhicule, celui-ci freine brusquement devant l'ego |
| 72 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voie en poursuite de véhicule, celui-ci freine brusquement devant l'ego |
| 73 | L'ego circule en section courante en poursuite de véhicule avec remorque et celui-ci perd un objet devant l'ego |
| 74 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la voie de droite, un piéton déboule devant l'ego à plus de 6 km/h |

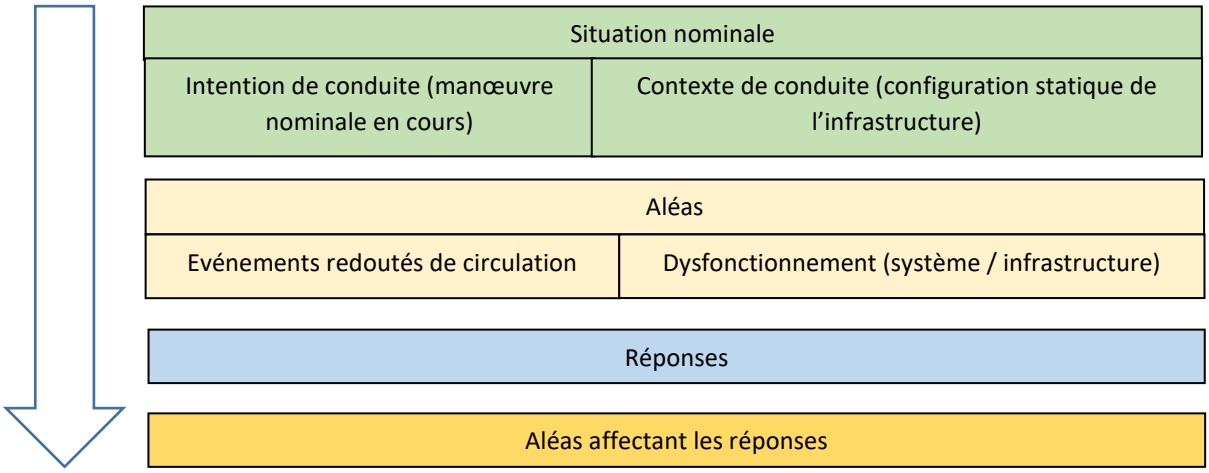
| | |
|---|---|
| 75 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la voie de gauche, un piéton déboule à plus de 6 km/h devant le véhicule circulant sur la voie adjacente de droite |
| 76 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la voie de gauche, un piéton est percuté sur la voie adjacente à droite par un véhicule et est projeté sur la voie de l'ego |
| 77 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies sur la voie de gauche, un piéton est percuté sur la voie adjacente à droite par un véhicule et est projeté sur la voie derrière ou sur le flanc de l'ego |
| 78 | L'ego circule parallèlement à des piétons titubant sur la chaussée (à droite/à gauche) |
| 79 | L'ego circule en section courante derrière un usager vulnérable type cycliste/trottinettiste/roller/skate qui chute devant lui |
| 80 | L'ego circule en section courante, un véhicule arrive en face en contresens (nez à nez avec l'ego) |
| 81 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie au niveau d'un rétrécissement de la chaussée, le véhicule en face circule à vitesse très élevée (au moins +20 km/h par rapport à la vitesse maximale autorisée) et lui grille la priorité et arrive nez à nez avec l'ego |
| 82 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie, le véhicule en face percute un piéton traversant et celui-ci est projeté dans la voie de l'ego |
| 83 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*1 voie, le véhicule en face percute un piéton traversant et celui-ci est projeté derrière ou sur le flanc de l'ego |
| 84 | L'ego circule sur la voie de droite en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies, un objet se meut sur la voie de droite et un enfant court après tandis qu'un véhicule arrive à gauche sur la voie adjacente de gauche à vitesse élevée |
| 85 | L'ego circule en section courante dont l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière à droite devant l'ego |
| 86 | L'ego circule en section courante derrière un cycliste/2RM et l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière et projette le cycliste au sol devant l'ego |
| 87 | L'ego circule en section courante et se fait dépasser par un 2RM, l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière à droite devant l'ego, un véhicule circule sur la voie d'en face |
| 88 | L'ego circule en section courante sur route unidirectionnelle dont l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière à gauche devant l'ego |
| 89 | L'ego circule en section courante sur route unidirectionnelle et entreprend le dépassement d'un cycliste, l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière à gauche devant l'ego |
| 90 | L'ego circule en section courante sur route unidirectionnelle et se fait dépasser par un 2RM, l'accotement est constitué de véhicules stationnés en créneau, l'un d'eux ouvre une portière à gauche devant l'ego |
| 91 | L'ego circule en section courante et entreprend un dépassement, le véhicule dépassé accélère et se déporte devant l'ego |
| 92 | L'ego circule en section courante et se fait dépasser par un véhicule arrivant à vitesse très élevée (+20 km/h que la vitesse maximale autorisée), un véhicule arrivant en face du véhicule dépassant (nez à nez) |
| 93 | L'ego circule en section courante et entreprend un dépassement d'un véhicule massif, un véhicule arrive en face à vive allure (+20 km/h par rapport à la vitesse maximale autorisée) |
| 94 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'une plaque d'huile sur la chaussée face à un véhicule qui perd le contrôle dans la voie d'en face |
| 95 | L'ego circule en section courante avec un soleil rasant masquant un piéton qui traverse en dehors d'un passage pour piéton |
| 96 | L'ego franchit (va tout droit) un carrefour à feux en situation dégradée = pas de feu, feu jaune clignotant |

| | |
|---|---|
| 97 | L'ego franchit un carrefour à feux en situation dégradée et congestionnée, des véhicules se rabattent au dernier moment devant l'ego |
| 98 | L'ego franchit un carrefour à feux, un (ou des) véhicule(s) de la voie perpendiculaire grillent le feu rouge à des vitesses élevées (au moins égales à la vitesse maximale autorisée) |
| 99 | L'ego franchit un carrefour à feux, un (ou des) cycliste(s)/trottinettiste(s) de la voie perpendiculaire grillent le feu rouge sans ralentir |
| 100 | L'ego franchit un carrefour à feux, un piéton traverse au feu rouge devant l'ego |
| 101 | L'ego franchit un carrefour à feux, un cycliste/trottinettiste traverse au feu rouge devant l'ego (sur un passage réservé aux piétons) |
| 102 | L'ego franchit un carrefour à feux, un usager vulnérable s'engage brusquement perpendiculairement à l'ego |
| 103 | L'ego franchit un carrefour à feux en situation congestionnée, un usager vulnérable (piéton/cycliste) s'engage brusquement perpendiculairement entre l'ego et son prédécesseur |
| 104 | L'ego franchit une intersection congestionnée coupée par des voies de tramway et l'ego doit s'arrêter au milieu de l'intersection, un tramway arrivant par la droite/gauche |
| 105 | L'ego tourne à droite à une intersection tandis qu'un véhicule provient de sa gauche à vive allure (+20 km/h par rapport à la VMA) en le contournant, un véhicule arrive face à ce véhicule sur la droite (nez à nez) |
| 106 | L'ego franchit un carrefour giratoire où un véhicule circule sur l'anneau en contresens |
| 107 | L'ego franchit un carrefour giratoire où un véhicule effectue un demi-tour au niveau d'une entrée/sortie |
| 108 | L'ego circule sur l'anneau d'un carrefour giratoire alors qu'un véhicule lui coupe la route pour se rabattre devant l'ego et prendre la sortie la plus proche |
| 109 | L'ego circule sur l'anneau d'un giratoire tandis qu'un véhicule est arrêté au milieu et bloque le trafic |
| 110 | L'ego circule sur section courante lorsqu'il arrive au droit d'un incendie (plusieurs véhicules et/ou mobilier urbain en feux) |
| 111 | L'ego circule dans un tunnel à deux voies et un véhicule se rabat devant l'ego en ne respectant pas les distance de sécurité |
| 112 | L'ego circule dans un tunnel et est percuté par un véhicule suiveur circulant à forte allure (+20 km/h par rapport à la VMA) |
| 113 | L'ego circule sur voie rapide urbaine à chaussées séparées, un véhicule circule en contresens et arrive face à l'ego |
| 114 | L'ego s'insère sur voie rapide urbaine au niveau d'une entrée où d'autres véhicules sortent (échangeur double) |
| 115 | L'ego sort d'une voie rapide urbaine au niveau d'une sortie où d'autres véhicules s'insèrent |
| 116 | L'ego circule sur voie rapide urbaine, un piéton marche sur le bord de la voie du mauvais côté de la barrière |
| 117 | L'ego circule sur voie rapide urbaine sur la voie de gauche à l'approche d'un véhicule de chantier sur la bande d'arrêt d'urgence ou voie de droite, un véhicule effectue un dépassement de l'ego par la droite et lui coupe la route en circulant à vitesse excessive (+20 km/h) |
| 118 | L'ego circule sur voie rapide urbaine tandis qu'un véhicule s'insère juste devant l'ego en lui grillant la priorité |
| 119 | L'ego effectue une marche arrière tandis qu'un piéton/animal/objet se trouve derrière la voiture |
| 120 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'une personne couchée par terre |

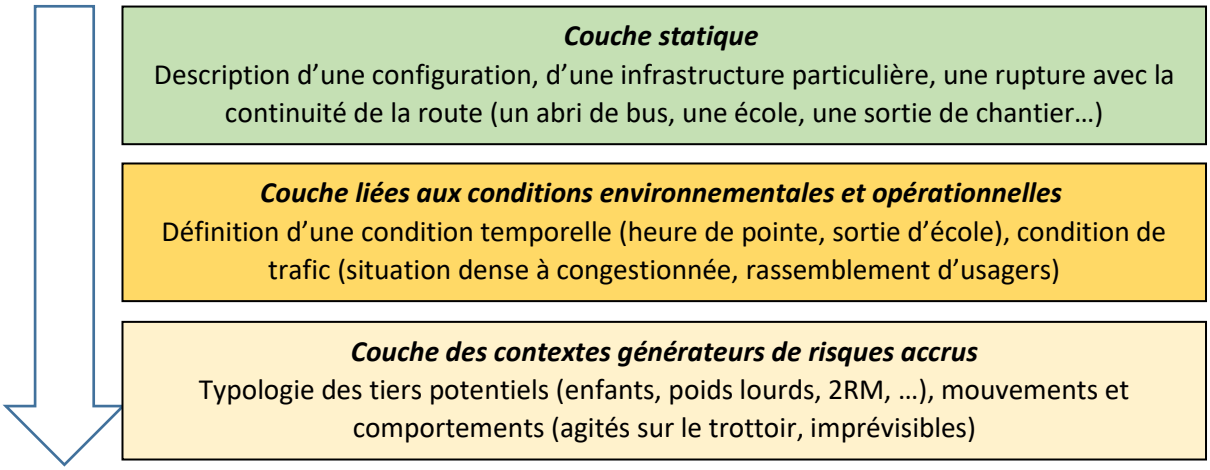
### *2.4. Approche par la notion de scènes de vigilance et de prudence accrue*

L'approche consistant à se baser sur la notion de prudence consiste, en substance, à considérer des événements et/ou des configurations annonciatrices de situations potentiellement dangereuses pour le système et les autres usagers. Il s'agit, en d'autres termes, de savoir détecter et analyser ces situations annonciatrices d'événements précurseurs de collision afin d'anticiper les interactions avec le système de transport routier automatisé. L'anticipation a pour but de limiter les situations dont une mauvaise appréhension peut conduire à un incident ou accident de la circulation. De ce fait, il est nécessaire pour le système d'être en mesure de repérer ces situations afin de pouvoir proposer une réponse adaptée en un temps restreint, permettant de réduire le risque pour les passagers et les autres usagers afin de retarder au maximum, voire supprimer, l'arrivée d'une situation critique (conduisant à une manœuvre à risque minimale ou d'urgence).

Cette partie ébauche une méthode de décomposition des événements ou configurations annonciatrices de futures situations d'urgence en s'appuyant sur les descripteurs recommandés pour la génération de scénarios (rappelés ci-dessous).

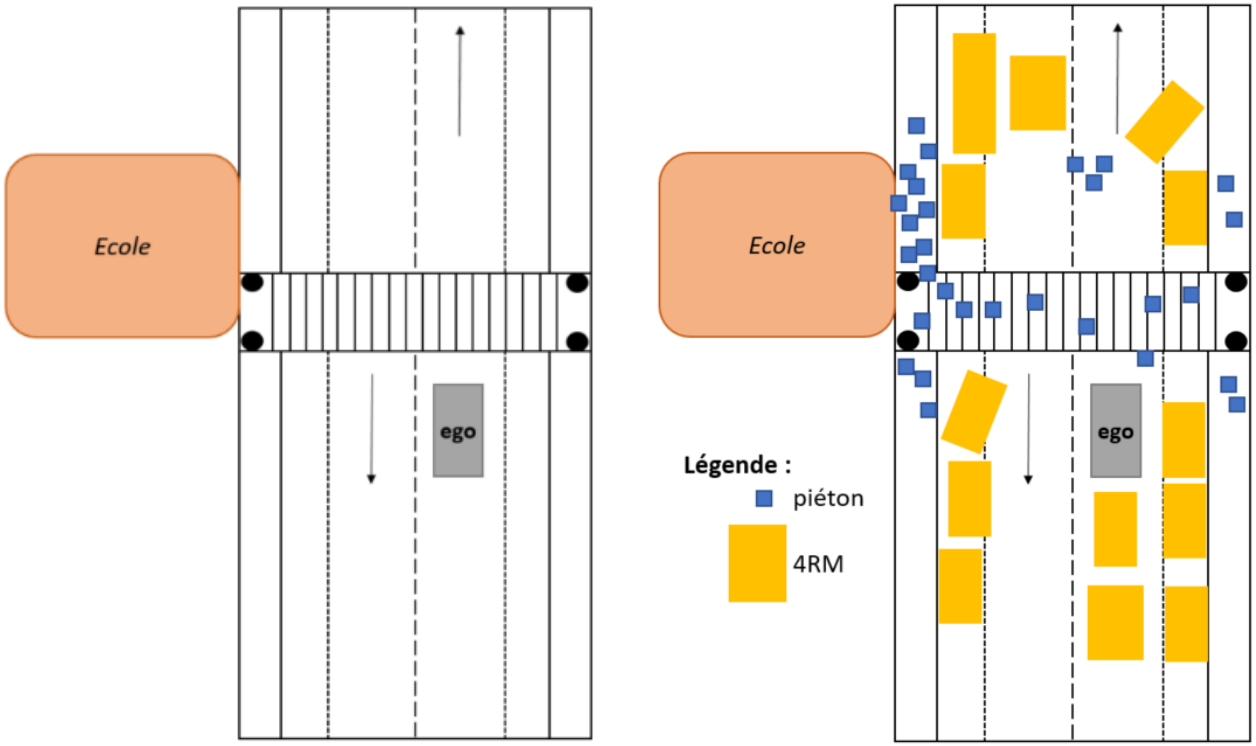


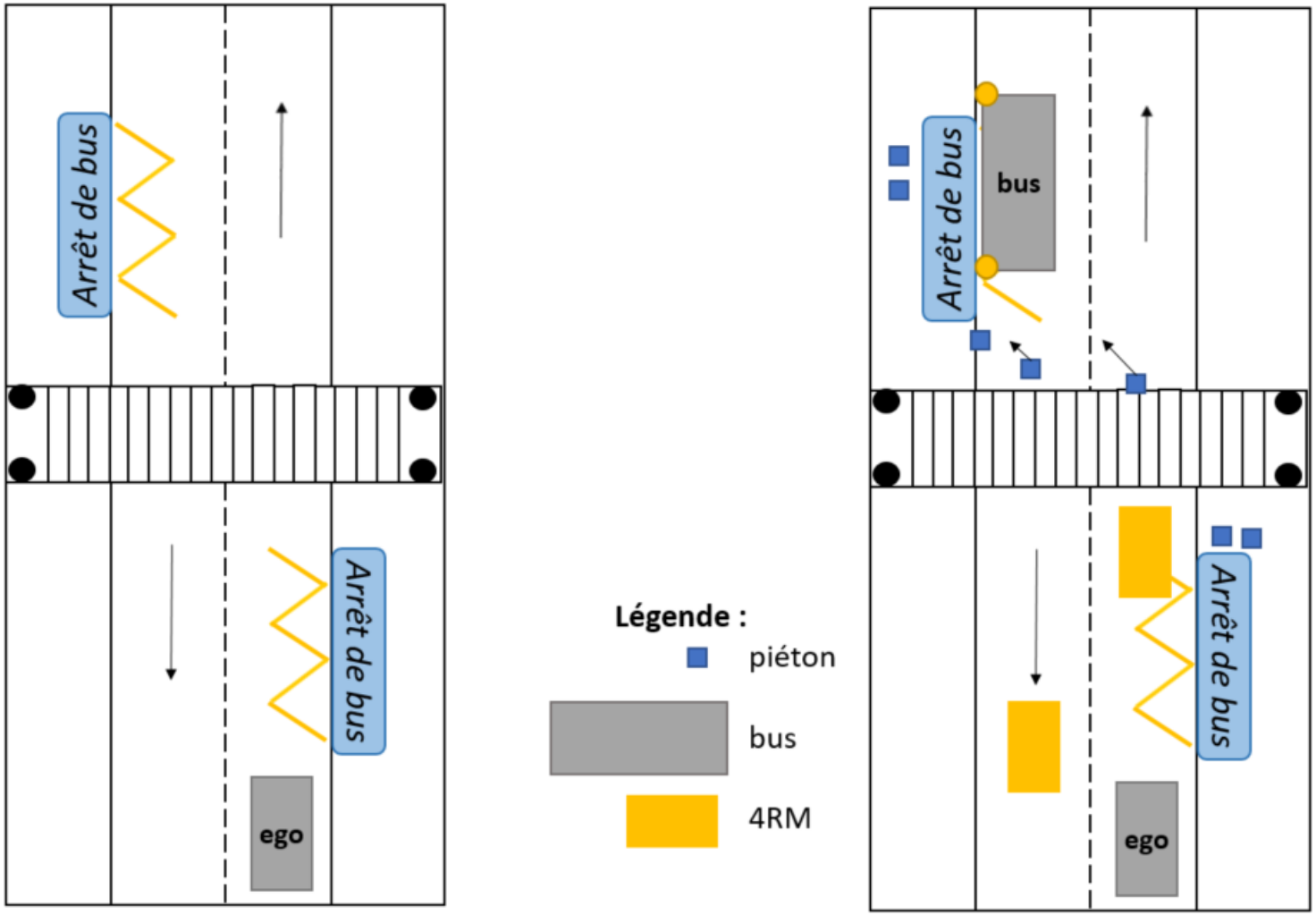

La description des scènes ou configurations annonciatrices d'aléas précurseurs de collision peut s'inspirer de la méthodologie de description ci-dessus, en la déclinant ainsi :

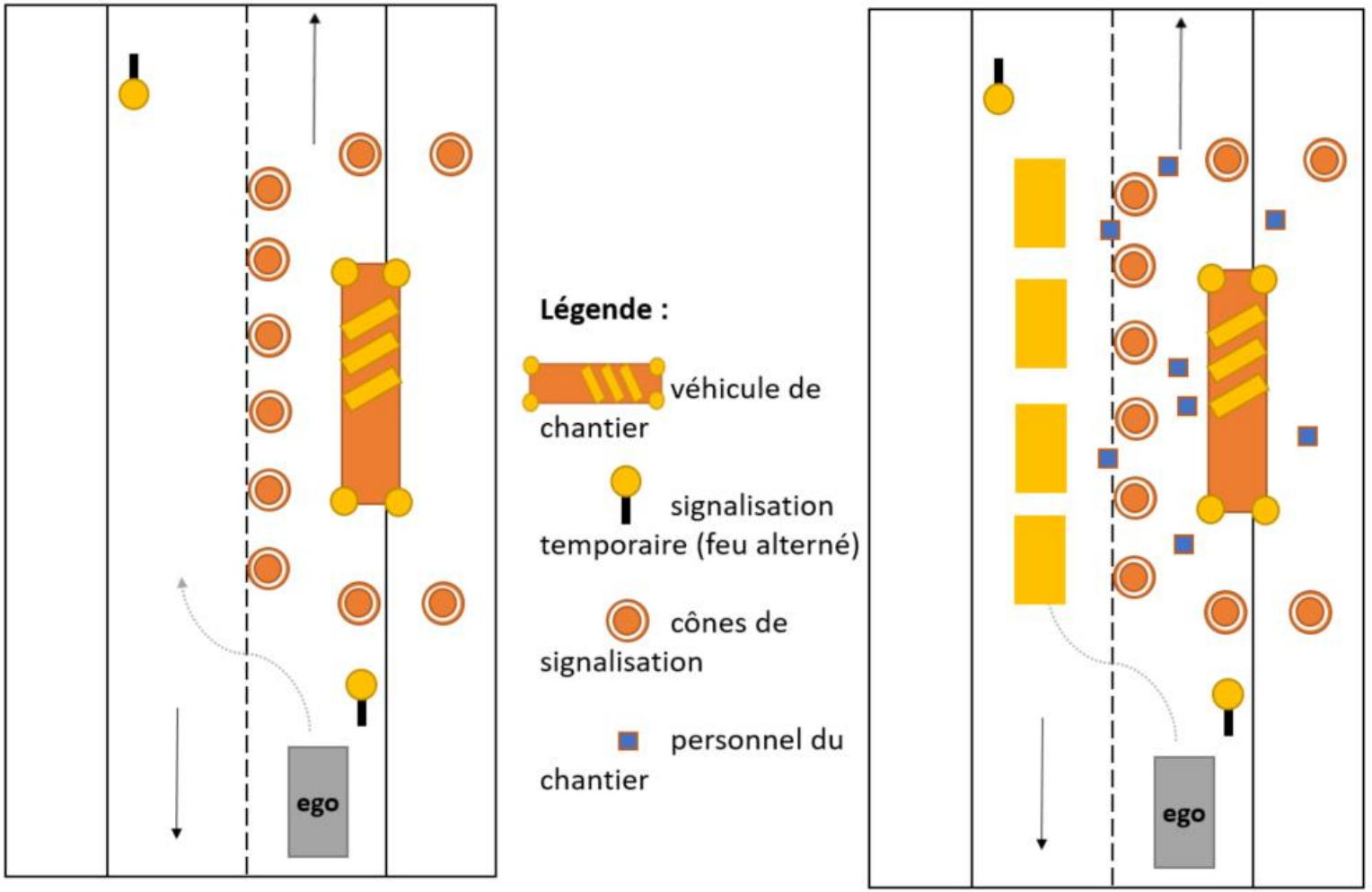


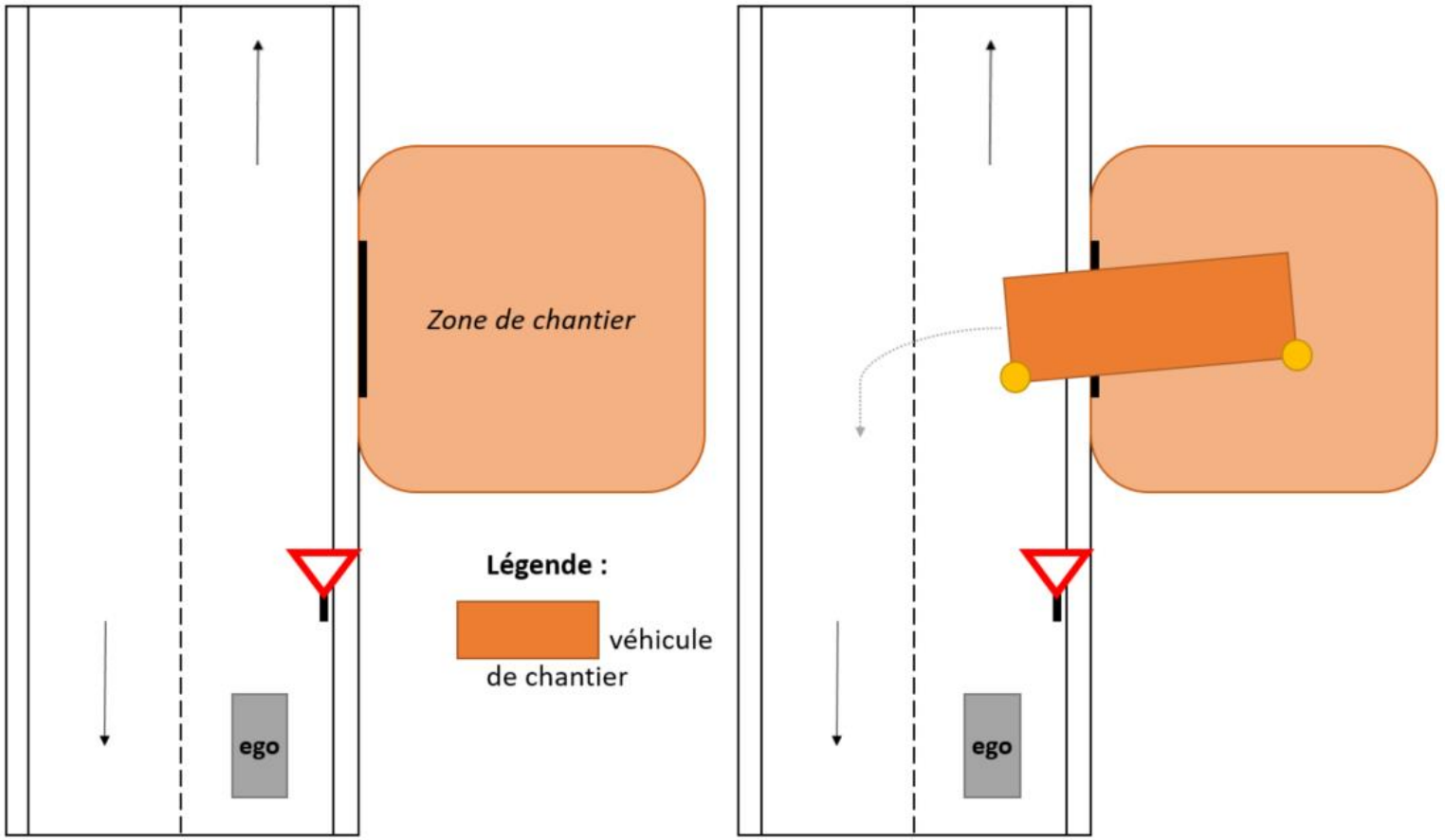

Ci-dessous sont présentés quelques exemples de construction de scènes de prudence accrue.

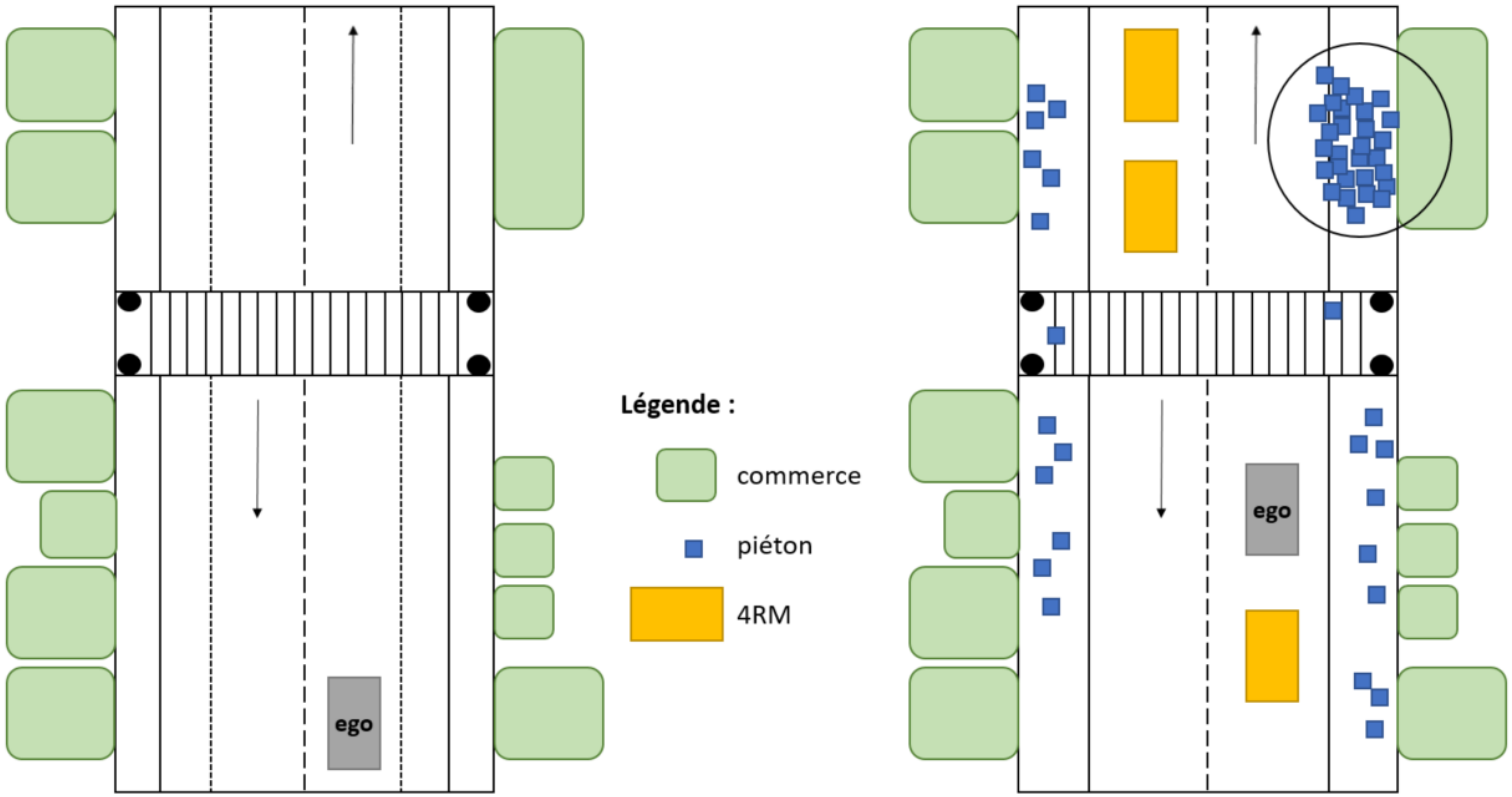
*Exemples de scénarios imaginés sur la base du concept de prudence*

| Description | Illustration par l'exemple |
|---|---|
| *L'ego arrive aux abords d'une école*<br>1. présence d'une entrée d'école aux abords de la section courante de la route<br>2. *logique :* heure de sortie des classes (forte affluence d'usagers et forte densité de piétons)<br>3. *logique :* présence de véhicules stationnés sur le bord de l'accotement -> potentiellement empiétant sur la chaussée ;<br>de piétons sur les trottoirs dont des enfants de petite taille au comportement imprévisible | *Scénario fonctionnel de prudence à gauche et scénario logique à droite*<br>  |

| | |
|---|---|
| *L'ego arrive aux abords d'un arrêt de bus*<br>1. présence d'un arrêt de bus des deux côtés de la chaussée<br>2. *logique :* heure de passage d'un bus dans le sens opposé<br>3. *logique :* présence potentielle de piétons aux abords se dirigeant en direction de l'arrêt (certains en courant) | *Scénario fonctionnel de prudence à gauche et scénario logique à droite*<br>  |

| | |
|---|---|
| *L'ego arrive au droit d'une zone de chantier*<br>1. présence d'une zone de chantier dans la voie de circulation de l'ego ; mise en place d'une signalisation temporaire<br>2. *logique :* heures de travail des ouvriers du chantier ; ralentissement de la circulation et densification du trafic<br>*3. logique :* présence de piétons aux abords du chantier ; d'autres véhicules retenus | *Scénario fonctionnel de prudence à gauche et scénario logique à droite*<br>  |

| | |
|---|---|
| *L'ego arrive au droit d'une sortie de camion*<br>1. présence d'une sortie de camion sur la voie de l'ego (zone plutôt industrielle)<br>2. *logique :* heures ouvrées<br>3. *logique :* potentielle sortie de camion ; faible densité d'autres usagers motorisés potentiels ; faible densité de piétons potentiels (voire nulle) | *Scénario fonctionnel de prudence à gauche et scénario logique à droite*<br>  |

| | |
|---|---|
| *L'ego arrive au droit d'une forte densité de piétons sur l'accotement de la chaussée du côté droit*<br>1. forte présence de bars et restaurants sur le bord de la chaussée<br>2. *logique :* fin de journée (sortie de travail et rassemblements)<br>3. *logique :* forte densité de piétons aux abords de la chaussée et potentiellement sur la chaussée | *Scénario fonctionnel de prudence à gauche et scénario logique à droite*<br>  |

A partir de l'approche ébauchée ci-dessus, une première liste de « macro-scènes de prudence accrue » est présentée ci-dessous

| | |
|---|---|
| 1 | L'ego circule au niveau d'un arrêt de transport en commun sur une chaussée bidirectionnelle (2*1 voie) |
| 2 | L'ego circule en longeant la voie d'un transport par rails (tramway) située sur sa gauche |
| 3 | L'ego circule à proximité d'une école/collège/lycée (dont les abords avec la chaussée ne sont pas protégés) |
| 4 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle avec présence d'au moins un cycliste dans la voie de l'ego ou dans la voie adjacente de sens opposé |
| 5 | L'ego entre dans une zone de rencontre |
| 6 | L'ego quitte une zone de stationnement réservé (parking, dépose minute) |
| 7 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle et arrive au droit d'une sortie de chantier |
| 8 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'une zone de chantier |
| 9 | L'ego circule en section courante avec présence d'un poids lourd dans sa voie ou dans une des voies adjacentes, y compris en sens opposé |
| 10 | L'ego arrive au droit d'un carrefour quelconque et s'apprête à le traverser (sans régime de priorité, CLP, stop, en X, en T, en Y, un giratoire, rond-point) |
| 11 | L'ego arrive au droit d'un carrefour giratoire |
| 12 | L'ego arrive au droit d'une intersection (en X) où se trouvent des cyclistes ou poids lourds |
| 13 | L'ego circule sur voie dédiée sur une route à chaussée bidirectionnelle à 2*2 voies (dont l'une dédiée) et s'apprête à s'insérer sur la voie mixte (fin de voie dédiée) – l'insertion étant régie par carrefour à feux |
| 14 | L'ego arrive à proximité directe d'un véhicule usagers lents ou encombrants à feu jaune clignotant |
| 15 | L'ego circule sur une chaussée à 2 voies se réduisant à 1 voie à droite/gauche |
| 16 | L'ego s'apprête à traverser un pont |
| 17 | L'ego s'apprête à entrer dans un tunnel urbain |
| 18 | L'ego circule en section courante derrière un véhicule à remorque |
| 19 | L'ego circule en section courante tandis que la signalisation verticale est détériorée ou masquée |
| 20 | La luminosité/l'éclairage de l'environnement réduit |
| 21 | L'ego circule sur route unidirectionnelle (1 voie) sur laquelle les cyclistes sont autorisés en contre sens |
| 22 | L'ego circule à proximité (sur voie parallèle) d'une bande ou piste cyclable |
| 23 | L'ego circule sur route à chaussée bidirectionnelle sur la voie de droite, route sur laquelle l'accotement est une zone de stationnement en créneau |
| 24 | L'ego circule à proximité d'une zone d'accident ou de litiges interpersonnels |
| 25 | L'ego circule à proximité d'une zone avec dégagement de fumée |
| 26 | L'ego circule en section courante sur route à chaussée bidirectionnelle en poursuite de véhicule |
| 27 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'un passage pour piétons |
| 28 | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'un dos d'âne |
| 29 | L'ego circule en section courante au niveau d'un sommet de côte/bas de côte |
| 30 | L'ego circule sur route à forte déclivité et en courbe |

### *2.5. Approche s'appuyant sur les exigences non binaires du code de la route*

Parmi les scénarios d'intérêt particulier pour la démonstration de sécurité des systèmes automatisés, figurent des scénarios particuliers constitués des exigences du code de la route que l'on pourrait qualifier de « non binaires », au sens où non seulement la condition de déclenchement de l'exigence n'est pas univoque, mais la réponse attendue du véhicule ne l'est pas non plus. L'exemple le plus illustratif est celui du céder-le-passage, qui nécessite une appréciation des conditions d'arrivée du véhicule prioritaire, de la gêne éventuellement créée par l'insertion sur sa voie, et de l'accélération à donner à sa propre manœuvre d'insertion. Ces règles de conduite forment un ensemble de comportements attendus dans des situations spécifiques de conduite, qui peuvent se prêter à l'élaboration de scénarios, tant que ceux-ci restent à un niveau fonctionnel, sans nécessairement paramétrer les conditions d'activation, ni la réponse attendue du véhicule (ce que ne fait pas le code de la route).

La liste ci-dessous propose une première sélection de scénarios relevant de cette approche des scénarios complexes - non binaires (l'annexe fournit une description plus complète des obligations du code de la route pouvant être présentées dans une logique de scénarios de conduite).

| | |
|---|---|
| Exigences de haut niveau | L'ego entreprend un dépassement permis par une ligne longitudinale discontinue (à droite) accolée à une ligne longitudinale continue (à gauche) |
| | L'ego circule sur une voie réservée et arrive au droit d'une zone de franchissement permise à tous les usagers (changement de direction) |
| | L'ego circule en section courante et arrive au droit d'un piéton manifestant l'intention de traverser la chaussée |
| | L'ego circule dans une zone piétonne avec présence de piétons sur sa trajectoire |
| | L'ego circule dans une zone de rencontre avec présence de piétons sur sa trajectoire |
| | L'ego circule à proximité d'un véhicule d'intérêt général faisant effet de ses avertisseurs spéciaux |
| Vitesse des véhicules | L'ego entre dans une zone de très faible luminosité (< 50m) |
| | L'ego circule en section courante et croise / dépasse un piéton seul ou en groupe / un cycliste seul ou en groupe |
| | L'ego s'apprête à dépasser / croiser un véhicule immobilisé ou circulant à faible allure sur la chaussée ou l'accotement (ou BAU) équipé de ses feux spéciaux |
| | L'ego effectue un dépassement de convois à l'arrêt |
| | L'ego s'apprête à dépasser / croiser un véhicule de transport en commun ou affecté au transport d'enfants arrêté pour laisser monter/descendre les voyageurs |
| | L'ego circule dans une zone à faible (masque et/ou conditions météorologiques défavorables) visibilité |
| | L'ego circule sur une section à chaussée glissante |
| | L'ego circule en section courante aux abords d'un virage |
| | L'ego circule en section courante en pente à forte déclivité (descente) |
| | L'ego circule en section courante au droit d'un rétrécissement de chaussée |
| | L'ego circule en section courante sur une chaussée encombrée ou bordée par des habitations |
| | L'ego circule à l'approche d'un sommet de côté ou d'une intersection à faible visibilité |
| | L'ego s'apprête à dépasser / croiser un animal |
| | L'ego circule à vitesse anormalement faible en raison d'une défaillance d'un des composants du véhicule ou du système de conduite automatisée |

| | |
|---|---|
| | L'ego circule sur route à chaussée unidirectionnelle où la circulation est permis dans les deux sens pour les 2RM et cyclistes |
| Roulage sur voie | L'ego circule en poursuite de véhicules |
| | L'ego circule en section courante à l'approche d'un véhicule immobilisé ou circulant à faible vitesse sur l'accotement (ou BAU) faisant usage de ses feux de détresse |
| Croisement | L'ego arrive au droit d'un rétrécissement de chaussée ou croisement difficile avec des véhicules arrivant en face |
| Changement de file | L'ego circule en section courante en situation congestionnée |
| | L'ego circule sur route à forte déclivité et s'apprête à croiser un véhicule |
| Dépassement | L'ego s'apprête à réaliser un dépassement |
| | L'ego s'apprête à réaliser un dépassement à proximité d'un passage pour piétons |
| | L'ego s'apprête à effectuer un dépassement par la droite du véhicule prédécesseur ayant manifesté un changement de direction vers la gauche |
| | L'ego s'apprête à effectuer un dépassement par la droite d'un véhicule de transport par rails arrêté pour la montée/descente de voyageurs |
| | L'ego circule sur chaussée à double sens de circulation derrière un véhicule à plus faible vitesse et la visibilité vers l'avant n'est pas suffisante (virage ou sommet de côte) |
| | L'ego s'apprête à franchir une intersection derrière un véhicule circulant à plus faible allure |
| | L'ego s'apprête à franchir un passage à niveau derrière un véhicule circulant à plus faible allure |
| | L'ego arrive au droit d'un arrêt de tramway dont la trajectoire des rails emprunte l'assiette de la voie de l'ego où un tramway est arrêté pour laisser monter/descendre les passagers |
| | L'ego est sur le point de se faire dépasser par un véhicule arrivant par l'arrière |
| | L'ego circule en environnement neigeux derrière un engin de service hivernal en action sur la chaussée |
| Franchissement d'une intersection | L'ego s'apprête à franchir une intersection |
| | L'ego s'apprête à s'engager dans une intersection présentant déjà d'autres véhicules en son centre |
| | L'ego s'apprête à s'engager dans une intersection dans laquelle s'apprête à s'engager un transport exceptionnel |
| | L'ego s'apprête à franchir une intersection lorsque le feu passe au jaune fixe |
| | L'ego s'apprête à appréhender un carrefour giratoire et s'apprête à sortir à l'une des sorties dépassant la moitié de celui-ci |
| | L'ego arrive au droit d'un cédez-le-passage (avec et sans véhicule dans l'intersection) |
| Franchissement d'un passage à niveau | L'ego s'apprête à franchir un passage à niveau (avec ou sans signalisation) |
| Sortie de route/insertion | L'ego s'apprête à effectuer une sortie de route à droite |
| | L'ego s'apprête à effectuer une sortie de route à droite et un cycliste arrive sur une piste ou bande cyclable à droite (dans les deux sens) |
| | L'ego s'apprête à faire une sortie de route à gauche |
| | L'ego s'apprête à faire une sortie de route à gauche et un cycliste arrive sur une piste ou bande cyclable à gauche (dans les deux sens) |
| | L'ego s'apprête à s'insérer sur une route à caractère prioritaire depuis une route à caractère non prioritaire |

### *3. Eléments de synthèse et perspectives*

Ce document vise à initier une démarche de sélection de scénarios pertinents pour la démonstration de sécurité des systèmes automatisés. Il vise ainsi à dépasser l'approche dite de « génération de scénarios », dont le principal objectif était de viser la complétude des scénarios utilisés, dont le principal ressort était l'utilisation de combinatoires de descripteurs de scénarios, et dont la principale limite est le caractère potentiellement infini des scénarios générés.

Se situer dans une logique de sélection de scénarios peut être rendu nécessaire pour orienter la règlementation et le rôle des évaluateurs tiers ou des organismes d'homologation.

Entrer dans une logique de sélection doit cependant se faire avec prudence, pour ne pas perdre de vue l'objectif de complétude attaché à l'approche de génération de scénarios.

Dans un premier temps, on doit rappeler que la prise en compte de l'ODD dans la démonstration de sécurité réduit, toutes choses égales par ailleurs, le nombre de scénarios à considérer.

Cette « sélection naturelle » des scénarios par la restriction de l'ODD, ne doit cependant pas faire illusion : d'une part, il faut se méfier des approches de construction des ODD qui consisteraient à en exclure a priori certains aléas, au motif le système ne serait pas supposé les traiter : cette approche à caractère tautologique fait perdre son sens à l'analyse de sécurité via les scénarios. D'autre part, la démarche de précision d'un ODD qui s'opère lorsqu'on le décline à un parcours ou une zone de déploiement, peut et doit conduire à identifier des scénarios qui ne l'ont pas été dans une approche générique (typiquement, des conditions locales de circulation et/ou de visibilité critiques et spécifiques à certains parcours).

La sélection de scénarios dans une logique de représentativité statistique répond en théorie à l'objectif de se limiter à un nombre fini de scénarios, sans distordre l'analyse de sécurité. Cette approche n'est cependant opérante que si les scénarios sont probabilisables, ce qui n'est pas nécessairement le cas des plus critiques. Ce document n'est pas en mesure de proposer de méthode structurée de sélection de scénarios pour leur représentativité. Il suggère simplement que retenir les scénarios les plus fréquents dans chaque classe de sévérité peut constituer une première approche, dans la mesure où les classes de sévérité sont relativement larges et peu nombreuses.

La question des « edge cases » mérite d'être approfondie, dans la mesure où ce concept en recouvre en fait trois différents : les bornes de l'ODD ; les cas les plus sévères du point de vue des impacts de sécurité ; les cas les moins probables, voire de probabilité non mesurable. Il semble que ces trois notions devraient être conservées isolément pour sélectionner des scénarios, même s'il est probable que les scénarios construits en poussant à leurs extrêmes les vitesses des acteurs des scénarios et les défauts de visibilité (faibles angles de vision), permettent probablement de réunir ces trois critères.

Si l'on cherche à prolonger des approches de sélection « sui generis » de scénarios existantes (telles que celles du règlement UE-ADS ou des rapports de la NHTSA), la première piste à explorer semble être la multiplication des acteurs de la scène, pour dépasser le binôme véhicule égo – véhicule tiers, par la prise en compte de plusieurs catégories d'acteurs, dont des usagers vulnérables, y compris lorsqu'ils constituent des masques de visibilité ou des risques de sur-accident. On retrouve ici les bénéfices de l'approche combinatoire, opérant ici sur le nombre d'acteurs du scénario.

Pour prolonger les approches existantes, il semble également fructueux de s'intéresser à des scénarios qui vont au-delà du risque de collision (immédiat, à éviter) entre le véhicule égo et un tiers, mais figurent des scènes dans lesquelles l'environnement de circulation (configuration de l'infrastructure, masques, visibilité, nombre d'usagers, dont vulnérables) suggère un risque accru d'événement précurseur de collisions. Cette notion de « scénarios de prudence accrue » semble pouvoir s'appuyer sur les règles de description de scénarios déjà proposées. Ce document propose une première liste qui mériterait d'être affinée et complétée.

Au-delà de la notion de prudence accrue, une piste pour l'élaboration de scénarios complémentaires pourrait résider dans la notion de « politesse » ou de courtoisie (« *etiquette* » en anglais), qui vise d'une part à prêter une attention particulière aux usagers vulnérables (cf. logique sous-tendant le code de la rue), et d'autre part, à chercher à révéler ses intentions de façon courtoise aux autres usagers. Cette piste n'est pas développée dans ce document, même si des références peuvent exister (notamment dans les travaux autour du concept de code de la rue évoqué ci-dessus). Cette piste semble devoir mériter des approfondissements.

La démarche adoptée dans ce document en reste au niveau des scénarios fonctionnels, sans chercher un paramétrage. Cette étape du paramétrage relève de développements ultérieurs.

Dans les développements à venir, notamment le paramétrage des scénarios, le risque de focalisation excessive sur certains scénarios doit toujours être conservé à l'esprit. A cet égard, on peut rappeler que le choix de scénarios à inscrire éventuellement dans un corpus règlementaire, peut se départir, mais seulement partiellement, du risque de sur-sélection, en retenant une approche probabiliste. Cette approche probabiliste, qui peut s'appliquer au paramétrage de scénarios fonctionnels, mais également à la sélection de scénarios fonctionnels au sein d'une liste[9], n'est pas développée dans ce document.

[9] On retrouve ici, comme suggéré dès l'introduction, la logique de l'examen du permis de conduire.

**Annexes**

***Annexe 1 : liste des descripteurs de scénarios recommandés pour la génération de scénarios***

- Géométrie de l'infrastructure physique

| Caractéristiques géométriques de l'infrastructure physique |
|---|
| • Usage réglementaire des voies |
| Voies ouvertes à la circulation publique de tous les véhicules et usagers |
| Voies ouvertes à la circulation publique à accès réservé (zone piétonne, bande ou piste cyclable, zone partagée, zone de rencontre) |
| Voies fermées à la circulation publique |
| • Régime de circulation |
| A sens unique |
| Bidirectionnelle |
| A chaussées séparées |
| Avec voies à affectation variable (sens de circulation) |
| Autre |
| • Nombre de voies |
| • Zone adjacente à la voie de l'ego |
| BAU ou bande dérasée (droite ou gauche) |
| Absence d'accotement (végétation, falaise, fossé, talus, …) |
| Barrières – glissières de sécurité |
| Trottoirs |
| Mobilier urbain (y compris, mur antibruit, mur de remblai, brise-vue, ...) |
| Stationnement adjacent (en épi, perpendiculaire, longitudinal) |
| Voie ferrée |
| Ilot central |
| • Variation longitudinale du profil en travers |
| Chicane |
| Evasement de la voie |
| Rétrécissement de chaussée – goulot d'étranglement |
| Réduction du nombre de voies |
| Fin de voie |
| • Type d'intersection |
| Hors intersection |
| En X |
| En T |
| En Y |
| A plus de 4 branches |
| Carrefour giratoire |
| Rond-point |
| Passage à niveau |
| Autre |

- Aménagement de l'infrastructure[10]

| |
|---|
| Souterrain - Tunnel – tranchée couverte |
| Pont – autopont - viaduc |
| Bretelle d'échangeur |
| Zone de péage |
| Chantier – zone de travaux |
| Autre |

- Régime de priorité

| |
|---|
| Feux |
| Priorité à droite[11] |
| Stop |
| Cédez le passage |
| Carrefour giratoire |
| Passage à niveau |
| Autre |

- Variation d'élévation

| |
|---|
| Dos d'âne - ralentisseur |
| Cassis |
| Nid de poule |
| Passage à niveau déformé |
| Autre |

- Surface de la chaussée

| |
|---|
| Asphalte (goudron) |
| Béton |
| Gravier |
| Pavés |
| Terre/sable |
| Autre |

- Profil en long (déclivité)

| |
|---|
| Plat |
| Pente |
| Sommet de côte |
| Bas de côte |

- Tracé en plan

| |
|---|
| Ligne droite |
| Rayon de courbure à droite ou à gauche |
| Variation du rayon de courbure |
| Autre |

- Largeur de la voie

[10] La catégorie « Aménagement » est une macro catégorie d'infrastructure qui nécessitera une description plus détaillée. Ces infrastructures d'aménagement spécifique seront décrites via les autres descripteurs, car elles nécessitent une attention particulière.

[11] Le régime de priorité du rond-point suit la règle de la priorité à droite du code de la route.

- Signalisation

| Signalisation statique (verticale, horizontale) | |
|---|---|
| Marquages au sol | |
| | Lignes continues |
| | Lignes pointillées |
| | Zone ou surface interdite (zebra) |
| | Passage piéton |
| | Piste cyclable |
| | Sas vélo (marques d'arrêt anticipé pour les cyclistes) |
| | Autre |
| Panneaux de signalisation | |
| | Panneaux de danger |
| | Panneaux d'intersection |
| | Panneaux de prescription |
| | Panneaux d'indications (services, identification de voirie, intérêt culturel, information…) |
| | Autre |
| Feux de circulation | |
| Amers et balises fixes de positionnement et d'approche | |
| | Bornage |
| | Balisage |
| | Dispositif de fermeture |
| | Autre |

- Aléas

Descripteurs d'événements précurseurs de collision

- Nature
  - Véhicules routiers (4RM, 2RM), transports guidés, véhicules automoteurs spécialisés (VASP), convois exceptionnels, UVR (piétons, cyclistes, EDP(M)), animal, objet
  - Catégorie de véhicule (M/N/O…)
  - Nombre / densité (si plusieurs objets) / masse (pour les objets et véhicules)
- Taille
  - NB : trois dimensions pour les véhicules et objets
- Localisation par rapport au véhicule ego
  - Voie ou emplacement du véhicule tiers par rapport à celle du véhicule ego
  - Distances
    - Par rapport au véhicule
    - Par rapport à la chaussée / à la voie (cf. piétons, décentrage de la cible)
    - Par rapport à la voie (ex : empiètement véhicule ou objet)
- Manœuvre

  La manœuvre du tiers n'est pas forcément comprise dans la liste des manœuvres décrites pour l'ego dans la couche 2 dans la mesure où ces manœuvres sont issues de l'exigence « respect du code de la route » pour le système ego. Aucun contrôle des tiers n'est possible, toutes les manœuvres doivent être prises en compte et envisagées.
  - Type d'intention de manœuvre en cours si identifiée (ex : dépassement, freinage, sortie de parking, …)

Les manœuvres infractionnistes des autres usagers de la route (exo) sont à considérer dans la mesure du raisonnablement prévisible. La notion de raisonnablement prévisible sera traitée dans un autre cadre.

  - Vitesse de déplacement (ou arrêt) / accélération / longitudinal / latéral
  - Respect des distances de sécurité
  - Angle
- Eléments de contexte valant présomption d'attitudes de l'usager tiers

| |
|---|
| Mouvements erratiques |
| Objets annexes (ex : ballon) |
| Pied sur la chaussée en vue de traverser |
| Personne à l'intérieur du véhicule |
| Porte ouverte (arrière ou latérale) |
| Personne autour du véhicule |
| Engin de déplacement personnel (motorisé) sur trottoir |
| Engin de déplacement personnel (motorisé) au droit d'une intersection |
| Autres |

- NB : Descripteurs de pôles de génération d'événements précurseurs de collision adjacents :
  - Caractéristiques de la voirie intersectée (cf. ci-dessus)
  - Caractéristiques des zones pôles générateurs adjacents (établissements publics, parkings, écoles, hôpitaux, place, …)

- Conditions environnementales, qui ont un impact temporaire et complexifient l'environnement et l'infrastructure nominaux.

| Conditions environnementales | |
|---|---|
| Conditions climatiques ou conditions météorologiques pures | |
| | Précipitations – pluie |
| | Neige |
| | Grêle |
| | Vent fort – tempête |
| | Brouillard |
| Particules en suspension (fumée, poussière, cendres, grêle, salage, …) | |
| Visibilité liée à l'éclairage | |
| | Eblouissement (soleil rasant, phares de face, éclairage public) |
| | Crépuscule ou aube |
| | Nuit sans éclairage public |
| | Nuit avec éclairage public non allumé |
| | Nuit avec éclairage public allumé |
| | Brouillard |
| Informations de trafic | |
| | Jour de la semaine |
| | Heure de la journée |
| | Incident/accident présent sur l'axe |

| Adhérence | |
|---|---|
| | Chaussée mouillée |
| | Flaques |
| | Inondée |
| | Enneigée |
| | Boue |
| | Verglacée |
| | Corps gras |

***Annexe 2 : travaux internationaux récents sur l'approche par scénarios***

La revue de littérature ci-dessous présente les travaux issus de projets nationaux et européens ; de travaux normatifs ; de travaux académiques. Les questions soulevées dans cette partie sont partagées par les groupes d'experts internationaux œuvrant dans le domaine de la démonstration de la sécurité des systèmes de conduite automatisés, systèmes de transport routier automatisés en France.

La démonstration de la sécurité pour les systèmes de transport routier automatisés fait l'objet de nombreuses publications visant à recadrer ces travaux avec l'état de l'art existant des autres domaines techniques (aérien, nucléaire, transport maritime, ferroviaire). Ces réflexions engendrent une prise de hauteur sur l'articulation de tous les concepts liés à la sécurité ; c'est l'objet des travaux publiés par l'Université de Warwick présentés en 2023 [2]. Ces travaux replacent la démonstration de la sécurité autour de trois niveaux séparés : la garantie de la performance du système de transport routier automatisé (STRA) ; la garantie du processus de développement et de maintenance du STRA et la garantie de l'usage à travers l'organisation et la mise en œuvre des processus. Le scénario de test est défini comme l'illustration des situations que le STRA rencontrera pendant son déploiement en conditions réelles. L'environnement de test est la plateforme de réalisation des scénarios de tests. L'argument de sécurité fournit le lien entre la preuve de sécurité et la déclaration de sécurité. L'étape de l'assurance des performances est basée sur des exigences de sécurité claires et précises dépendant des conditions d'opération et des capacités comportementales du système. Tout ce qui a trait aux conditions opérationnelles est communément nommé ODD (qu'il s'agisse des conditions de conception fonctionnelle du véhicule équipé d'un système de conduite automatisé, du système de conception technique du véhicule et de ses installations techniques débarquées, du STRA déployé sur un parcours prédéfini avec un ensemble de règles de maintenance et d'exploitation). La définition de l'ODD intègre l'ensemble des attributs statiques et dynamiques de manière unitaires, combinés pour former les scénarios.

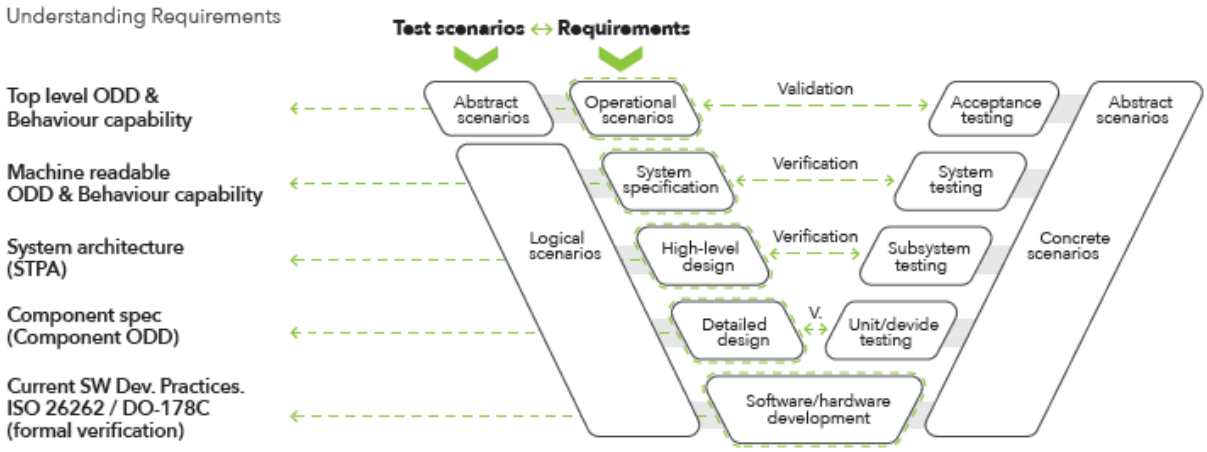



*Figure 3 : Liens entre ODD et scénarios à partir du cycle en V de conception et évaluation des systèmes de l'ISO 26262 présenté dans le document publié par l'université de Warwick [WMG :2022]*

L'ensemble des travaux de l'approche par les scénarios de conduite, qu'il s'agisse de la génération ou de l'étape d'implémentation de ces scénarios dans la phase de tests pour la démonstration puis la validation de la sécurité du système étudié, est lié à l'usage prévu. Ceci implique que l'ensemble des scénarios qu'un système rencontrera est directement lié à la zone de déploiement. De ce fait, les scénarios utilisés pour l'assurance des performances d'un système doivent être directement corrélés à l'ODD du système étudié. De plus, étant donné que l'ODD influence les scénarios testés, la couverture des scénarios doit inclure la notion de couverture d'ODD.

L'approche par les scénarios fait l'objet de travaux de normalisation en cours au niveau ISO au sein du sous-groupe qui traite des aspects liés à la dynamique des véhicules routiers, aux composants et fonctions ainsi que de la conduite automatisée (TC 22/SC 33). Ces travaux sont réalisés en lien avec le groupe ISO qui étudie les scénarios de conduite à faible vitesse du sous-groupe des transports intelligents (TC 204/WG 14) d'une part, et en lien étroit avec les réflexions à la CEE-ONU du groupe sur les scénarios du VMAD (SG1). Par ailleurs, ce groupe de normes dites ISO 3450X fait référence à d'autres travaux d'organisations indépendantes comme aux termes et définitions de la norme J3016 de la SAE, au groupement de normes de l'ASAM (OpenX standards) ou encore au projet allemand PEGASUS [3].

Le groupement de normes dite 3450X est constitué de cinq normes, publiées ou en préparation, visant à répondre au besoin de l'approche par les scénarios.

La norme ISO 34501:2022 [4] sert de dictionnaire afin d'unifier les termes et les définitions des scénarios de tests du groupement de normes 3450X.

La norme ISO 34502:2022 [5] définit les processus d'évaluation de l'approche de génération des scénarios afin d'identifier les conditions de déclenchement et les aléas associés susceptibles d'affecter la fonction attendue du système étudié, et d'évaluer si le système peut être protéger de risques déraisonnables.

La norme ISO 34503 [6], publiée en août 2023, fournit une taxonomie de définition de l'ODD. Cette norme introduit le concept d'ODD générique définit dans le document DGITM de mars 2022 et d'ODD cible, associé à la notion de STRA en France, et plus généralement à la notion d'adaptation du domaine d'emploi à l'environnement du déploiement. Le concept du passage de l'ODD générique à l'ODD spécifique constitue un fondement du processus d'assurance de la sécurité tout comme la couverture de l'ODD constitue un fondement de la couverture des scénarios.

Le concept d'ODD comme présupposé à la conception de scénarios de conduite est par ailleurs décrit dans la norme BSI Flex 1889 [7] de 2022, qui caractérise les relations entre ODD et scénarios de conduite, notamment en limites de l'ODD (Figure 1). De plus, la norme introduit la notion de « comportement attendu » entre la taxonomie de l'ODD et la base de scénarios finale.

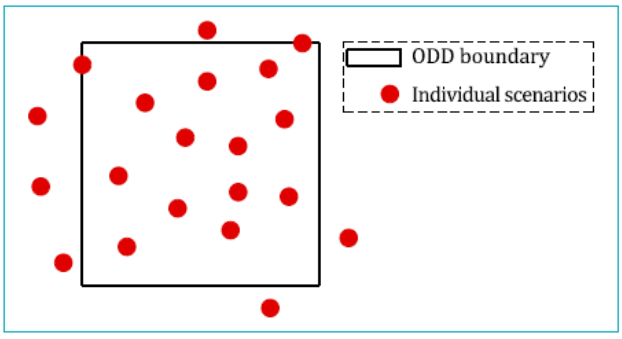



*Figure 4 : Lien entre couverture des scénarios et couverture de l'ODD – Source BSI Flex 1889*

En proposant un langage de description pour les scénarios, la norme replace l'arborescence de description des éléments d'un scénario au cœur des travaux pour la conception et la génération de scénarios.

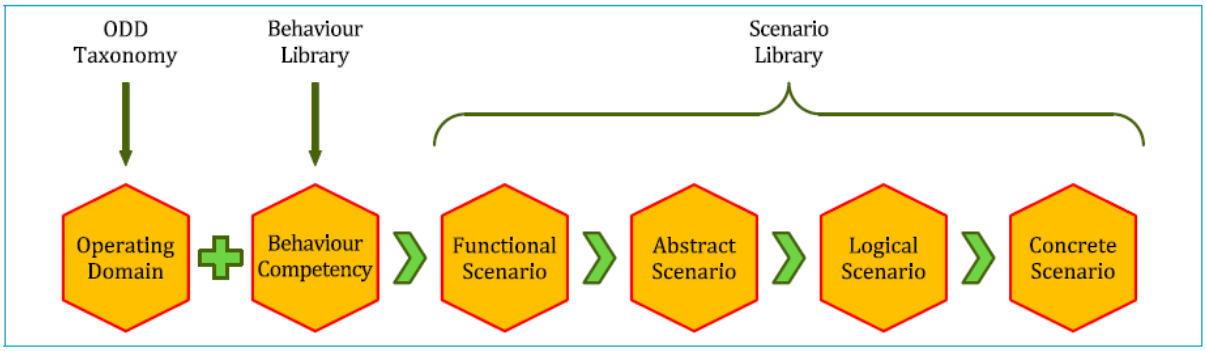



*Figure 5 : Relations entre ODD, comportement attendu et scénarios – Source BSI Flex 1889*

La norme ISO/DIS 34504 [onu], en cours d'évaluation est destinée à classifier les scénarios de l'approche en créant des étiquettes en fonction d'arguments qualitatifs et quantitatifs. En d'autres termes, cette norme prévoit l'étape de quantification des scénarios.

Enfin la norme ISO/AWI 34505 [onu], en préparation actuellement, a pour objectif de définir une méthodologie d'évaluation des scénarios de tests et de fournir une procédure d'extension des scénarios de tests à des cas de tests traçables pour une fonction donnée. Ce faisant, il s'agit aussi de définir les caractéristiques nécessaires d'un cas de test qui inclurait (sans se limiter à) l'initialisation du test, la simulation, les étapes, les critères de pass/fail et les résultats attendus.

Le schéma ci-dessous (Figure 5) présente l'articulation de l'ensemble de ces normes avec la norme ISO 21448.

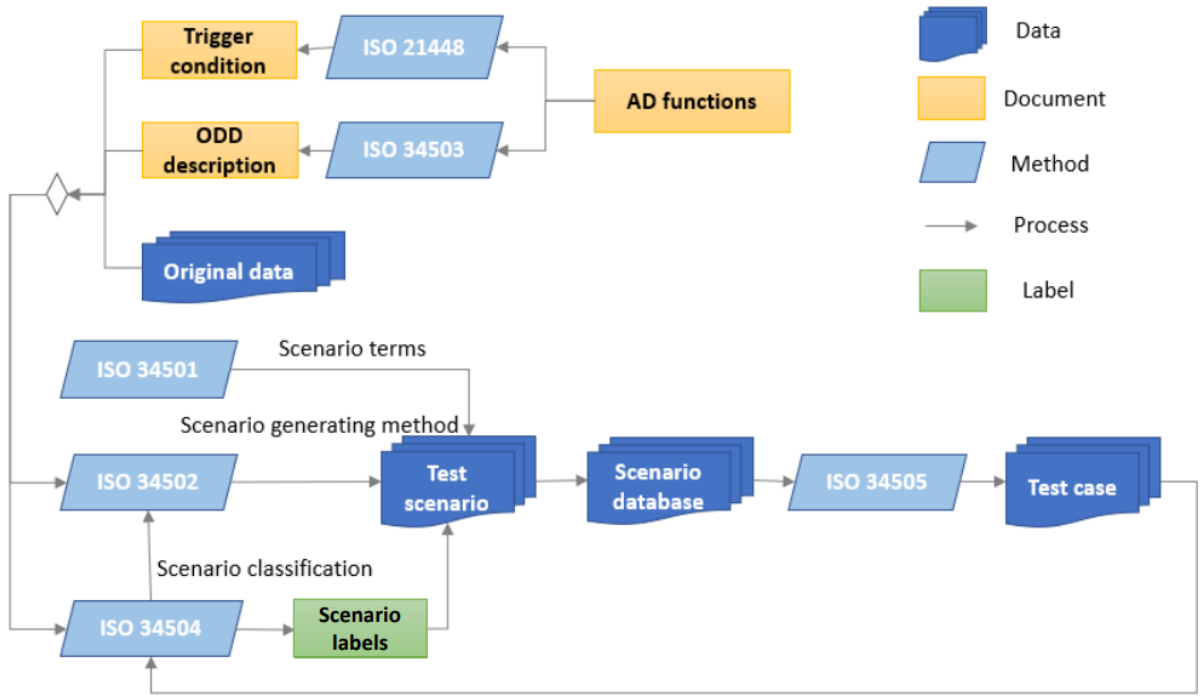



*Figure 6 : Articulation du groupement de normes ISO 3450X en cours de préparation avec la norme ISO 21448 – Source : ONU-CEE/WP29/GRVA-16-24*

En traçant le lien entre le corpus de normes ISO 3450X en préparation sur les scénarios et la norme ISO 21448 sur la sécurité de la fonction attendue, ce schéma propose une articulation entre l'approche ISO et l'approche méthodologique française.

***Annexe 3 : approches internationales visant à proposer une sélection de scénarios de validation***

La recherche d'une sélection de scénarios pour la validation des systèmes de conduite automatisés a fait l'objet de divers travaux internationaux. On peut noter notamment les références suivantes :

| Base et référence | Nature des prescriptions | Typologie de scénarios |
|---|---|---|
| UE 2022/1426 | Réglementaire | Fonctionnels à logiques |
| UN R 157 | Réglementaire | Concrets |
| NHTSA 2018 | Guidance | Fonctionnels à logiques |
| NHTSA 2007 (pre-crash) | Guidance | Fonctionnels à logiques |
| EuroNCAP | | |
| SafetyPool Database | | |

Scénarios prévus dans le règlement européen EU-ADS (2022/1426)

De premières listes de scénarios minimales ont été proposées par l'annexe II du règlement européen 2022/1426, sous la forme de scénarios fonctionnels, dans le cadre de l'homologation des véhicules équipés de systèmes de conduite automatisés.

La liste propose des scénarios minimums ainsi qu'un paramétrage particulier dans certains cas ; en cas de déviation aux paramétrages indiqués, le constructeur est dans l'obligation de justifier la métrique utilisée, dans l'objectif de démontrer que le système est libre de risque « déraisonnable » pour la sécurité.

Le règlement prescrit un certain nombre de scénarios qui découlent des exigences qu'ils caractérisent. Il précise également que l'ensemble des scénarios raisonnablement prévisibles dans l'ODD, critiques, doivent être générés et pris en compte. Le constructeur doit mettre en œuvre les scénarios de l'annexe II avec différents paramétrages dont des plages de vitesse différentes, des rayons de courbure différents, des conditions de luminosité différentes par exemple.

Le règlement précise que certains scénarios doivent être joués spécifiquement pendant les phases de tests en environnement contrôlé ou sur route ouverte. Ce document ne distingue à ce stade pas les scénarios selon qu'ils sont destinés à la validation sur piste, sur route ouverte ou en simulation.

| Manœuvre nominale et scénario fonctionnel | Configuration statique de l'infrastructure | Evénement précurseur de collision et paramétrisation | Autre référence |
|---|---|---|---|
| Aller tout droit<br>Maintien sur voie<br>Pour toute la plage de vitesse dans l'ODD | Rayons de courbure dans l'ODD | - Véhicule + 2RM dans la voie<br>- Véhicule faisant des embardées dans la voie<br>- Véhicule proche dans la voie adjacente | - |
| Aller tout droit<br>Présence de tiers sur la chaussée<br>Jusqu'à la vitesse maximale de l'ODD | Ligne droite<br>Courbe | - Véhicule arrêté<br>- 2RM arrêté<br>- Piéton statique<br>- Piéton traversant à 5 km/h<br>- Piéton traversant à 5 km/h portant un objet | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | - Piéton sur la voie à 10 km/h dans le sens de circulation du véhicule<br>- Piéton sur la voie à 10 km/h dans le sens opposé à celui du véhicule<br>- Piéton faisant des embardées sur la voie<br>- Voie bloquée<br>- Cible empiétant sur la voie<br>- Séquence d'usagers / objets sur la voie (ex : ego – autre véhicule – 2RM – autre véhicule) | |
| | | - Objet franchissable (ex : branche)<br>- Objet franchissable – le véhicule ego est précédé d'un autre véhicule<br>- Objet franchissable – le véhicule ego est précédé d'un 2RM | - |
| Aller tout droit<br>Poursuite de véhicules dont maintien des distances<br>Jusqu'à la vitesse maximale de l'ODD | Ligne droite<br>Courbe | - Avec véhicule précédant dont 2RM<br>- Dans différents scénarios dynamiques du véhicule précédant (profil de vitesses réaliste)<br>- Pour différentes positions du véhicule précédant sur la voie<br>- Jusqu'à une décélération du véhicule précédant de 6 $m/s^2$ | - |
| Aller tout droit<br>Réajustement en cas de cut-in<br>NB : la criticité du cut-in est déterminée par certaines dispositions et dépendent des distances inter-véhiculaires, des vitesses du véhicule cible et de son mouvement<br>Différentes vitesses de circulation du véhicule | | - Scénarios avec différents TTC, différentes distances et vitesses relatives de la cible couvrant des situations dans lesquelles la collision peut être évitée et d'autres où la collision est inévitable<br>- Véhicule cible circulant à vitesse constante, accélérant ou décélérant (longitudinalement)<br>- Avec différentes vitesses latérales, différentes accélérations latérales | - |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Où le véhicule cible est aussi bien un 4RM ou un 2RM.<br>- | |
| | | Environnement rural et urbain | - Où l'usager est un piéton ou un cycliste avec différents profils de vitesse latérale<br>- Où l'usager est un piéton ou un cycliste faisant réduire la vitesse du véhicule d'au moins 20 km/h | - EuroNCAP |
| Aller tout droit<br>Réajustement en cas de cut-out | | | - Avec un véhicule arrêté au centre de la voie<br>- Avec un 2RM arrêté au centre de la voie<br>- Avec un piéton arrêté au centre de la voie<br>- Avec une cible bloquant l'ensemble de la voie<br>- Avec différentes cibles successives sur la voie | - |
| Aller tout droit<br>Franchissement de zone de travaux | | Signalisation verticale présente (cône, panneaux)<br>Avec ou sans signalisation lumineuse<br>Avec signalisation humaine (dont AFO) | - Sans véhicule précédant<br>- Avec véhicule précédant (dont 2RM) | - |
| Aller tout droit<br>Franchissement de passage pour piétons | | Passage piétons signalisés<br>Signalisation verticale présente (cône, panneaux)<br>Avec ou sans signalisation lumineuse<br>Avec signalisation humaine (dont AFO) | - Sans véhicule précédant<br>- Avec véhicule précédant (dont 2RM)<br>- Sans piéton sur la chaussée<br>- Avec piéton sur la chaussée<br>- Sans piéton approchant<br>- Avec piéton approchant | - |
| Conduite sur autoroute | Entrée sur autoroute | | - Avec différents véhicules, dont 2RM, approchant par l'arrière<br>- Avec des véhicules approchant à différentes vitesses | - UN R157 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Avec un peloton de véhicules dans la voie adjacente | |
| | Sortie d'autoroute | | - Sans véhicule<br>- Avec un véhicule, dont 2RM précédent<br>- Avec d'autres véhicules/obstacles bloquant la sortie | |
| | Franchissement d'un péage<br>A différentes vitesses autorisées | Signalisation verticale présente (cône, panneaux)<br>Avec ou sans signalisation lumineuse<br>Avec signalisation humaine (dont AFO) | - Franchissement du passage avec différents niveaux de trafic<br>- Sans véhicule précédent<br>- Avec véhicule précédent (dont 2RM)<br>- Avec des véhicules bloquant le péage<br>- Avec des entrées ouvertes et fermées | |
| | Circulation sur voie avec cut-in/cut-out | | - Traversée de piéton | |
| Changement de voie<br>Dans la voie adjacente<br>Insertion en fin de voie<br>Insertion dans une voie occupée<br>Pendant une manœuvre à risque minimal<br>Pour toute la plage de vitesse de l'ODD | | | - Tous types de véhicules, y compris 2RM, approchant par l'arrière dans la voie cible<br>- Dans un scénario dans lequel le changement de voie est possible<br>- Dans un scénario dans lequel le changement de voie n'est pas possible à cause d'un véhicule approchant par l'arrière<br>- Dans un scénario dans lequel un véhicule de même vitesse circule au droit du véhicule, sur la voie adjacente, empêchant le changement de voie<br>- Dans un scénario dans lequel un véhicule de même vitesse circule en arrière du véhicule, sur la voie adjacente, empêchant le changement de voie<br>- Dans un scénario où le changement de voie pendant une MRM est possible et réalisé | - |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Dans un scénario où le changement de voie doit être interrompu en raison d'une accélération brutale d'un véhicule en arrière sur la voie adjacente, ou du freinage brutal d'un véhicule précédant sur la voie adjacente | |
| | | Environnement autoroutier<br>Signalisation verticale présente (cône, panneaux)<br>Avec ou sans signalisation lumineuse<br>Avec signalisation humaine (dont AFO) | - Insertion sur autoroute, adaptation de la vitesse au trafic (paramétrage de changement de voie)<br>- Sortie d'autoroute, anticipation du changement de voie sans décélération nécessaire) | - UN R157 |
| Franchissement d'une intersection<br>Pour toute la plage de vitesse de l'ODD | Franchissement (quelconque) | 3 voies, avec ou sans feux, avec différents régimes de priorités<br>4 voies, avec ou sans feux, avec différents régimes de priorités<br>Giratoires<br>Avec signalisation humaine (dont AFO) | - Sans véhicule précédant<br>- Avec un véhicule (dont 2RM) comme véhicule précédant<br>- Avec ou sans véhicules approchant (TTC) | - |
| | Mouvement tournant | Chaussée sèche et en bon état | - Insertion sur voie depuis une route non prioritaire par un mouvement tournant avec et sans franchissement de la voie de sens opposé (TTC)<br>- Mouvement tournant traversant la voie de sens opposé (TTC) | |
| Automated valet parking | | Différents espaces de stationnement dans différentes conditions<br>- Espace de stationnement parallèles et perpendiculaires à la route | - Avec piéton masqué traversant le parcours du véhicule à 5 km/h<br>- Avec un véhicule sortant de sa place devant le véhicule<br>- Avec un obstacle stationnaire en face du véhicule | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | - Sur des surfaces planes et inclinées<br>- Avec d'autres véhicules sur les places de stationnement environnantes (y compris 2RM et cyclistes)<br>- Sur des places de stationnement géométriques différentes<br>- Lorsqu'un véhicule couple l'espace de stationnement | - Avec un petit objet par terre après une rampe obstruée par d'autres objets sur la trajectoire du véhicule<br>- Avec des chemins différents, où l'infrastructure obstrue le champ de vision | |

Scénarios minimums du règlement UN R157 (dit ALKS)

Le règlement ADS prévoit que les scénarios autoroutiers soient issus des paramétrages qui figurent dans le règlement UN R157. Les scénarios décrits dans le règlement sont détaillés dans les annexes suivantes :

- l'annexe 3 est dédiée au scénarios critiques de perturbation du trafic, définis comme étant les scénarios dont les conditions ne permettent pas d'éviter la collision,
- l'annexe 5 est dédiée aux scénarios devant faire l'objet de tests en environnement contrôlé
- l'annexe 6 est dédiée aux scénarios devant faire l'objet de tests sur route ouverte

L'ALKS donne une paramétrisation des distances de freinage, des temps à l'impact, qui ne sont pas repris dans ce document, spécifique aux scénarios de conduite, car ils caractérisent les réponses et non les comportements des usagers tiers.

En outre, parmi les paramètres additionnels à prendre en compte, non décrits dans les scénarios figurent :

| | | |
|---|---|---|
| Environnement de circulation | Géométrie route | Nombre de voies |
| | | Largeur de la voie |
| | | Catégorie de route |
| | | Surface de la chaussée dont coefficient de frottement |
| | | Signalisation horizontale (marquage de la voie, visibilité) |
| | Conditions environnementales | Conditions d'éclairage (jour, nuit) |
| | | Conditions climatiques (neige, vent, …) |
| Conditions initiales des usagers tiers | Vitesses | Vitesses des véhicules impliqués |
| | Distance | Distance longitudinal entre l'arrière du prédécesseur et le devant de l'ego |
| | | Taille du prédécesseur |
| | | Largeur du prédécesseur |
| | | Distance latérale entre l'ego et le prédécesseur par rapport au plan médian |
| Mouvements des véhicules | Mouvement latéral | Vitesse latéral du prédécesseur |
| | Décélération | Décélération maximale du prédécesseur |
| | Jerk | Taux de décélération du prédécesseur |

Le tableau suivant reprend les scénarios minimums prescrits par les annexes 3, 5 et 6 du règlement, qu'il s'agisse des conditions minimales dans lesquelles le constructeur doit assurer la sécurité du système ou bien des scénarios de tests requis pour la validation en environnement contrôlé ou réel.

Les scénarios spécifiques de « détection » comme ils sont nommés dans le règlement, ont été introduits dans les manœuvres du véhicule relatives à ces détections, en particulier la détection d'un

autre usager arrivant par la droite est liée à la circulation courante de l'ego lors de son maintien sur voie.

| Manœuvre nominale et scénario fonctionnel | | Configuration statique de l'infrastructure[12] | Evénement précurseur de collision et paramétrisation |
|---|---|---|---|
| Aller tout droit | Maintien dans la voie<br>Poursuite de véhicule<br>Aux limites de vitesse de l'ODD | Différents rayons de courbure de l'ODD<br>Changements répétés de la limitation de vitesse au-delà de 60 km/h<br>Exposition à différents signaux requérant une réaction du système (au moins 3 fois)<br>Tunnel<br>Zone de travaux<br>Zone de péage<br>Changement des conditions environnementales | - Avec un véhicule dont un 2RM et un PL comme véhicule prédécesseur<br>- Avec un véhicule prédécesseur faisant des embardées<br>- Avec un véhicule proche de la voie adjacente<br>- Pour différentes vitesses, décélérations et positions latérales des prédécesseurs<br>- 2RM approchant l'ego par le côté gauche (9m)<br>- 2RM approchant l'ego par le côté droit<br>- Situations de stop and go à différentes plages de vitesse<br>- Véhicule d'urgence approchant |
| | Obstacles (devant ou dans l'environnement de conduite)<br>Aux limites de vitesse de l'ODD | Rayon de courbure | - Autre véhicule immobile<br>- 2RM immobile dans la voie<br>- 2RM situé au bord extérieur de chaque voie adjacente<br>- 2RM approchant par l'arrière (aire 9m) gauche<br>- 2RM approchant par l'arrière droit<br>- Piéton immobile dans la voie<br>- Piéton traversant la voie avec une vitesse de 5 km/h<br>- Piéton immobile situé au bord de chaque voie adjacente<br>- Avec une voie bloquée<br>- Avec blocage partiel de la voie<br>- Avec une séquence d'obstacles |
| | Cut-in | | - Autres véhicules dont 2RM<br>- Paramétrage prescrit par la prise en compte des plages d'indicateurs cités plus haut<br>- Véhicule s'insérant à une entrée d'autoroute<br>- Véhicule s'insérant en fin de voie en conditions fluide et peu congestionné<br>- Véhicule s'insérant en fin de voie en conditions de trafic congestionné (10 fois) |

[12] Tous les scénarios doivent être sélectionnés en lien à l'ODD

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | - Véhicule s'insérant entre l'ego et son prédécesseur à distance suffisamment grande |
| | Cut-out | | - Avec un véhicule immobile dans la voie<br>- Avec un 2RM dans la voie<br>- Avec un piéton immobile dans la voie<br>- Voie bloquée<br>- Avec séquence d'obstacles<br>- En sortie d'autoroute |
| | Détection des indicateurs de changement de direction des autres véhicules | | - Différents types de véhicules dont 2RM<br>- Véhicule positionné dans une aire aléatoire de détection de la présence d'un autre véhicule |
| | Eviter une MU en cas d'obstacle passable | | - Sans autre véhicule<br>- Avec autre véhicule précédant<br>- Avec 2RM précédant |
| Insertion | | | - Insertion à une entrée d'autoroute<br>- Insertion en fin de voie en conditions de trafic fluide et peu congestionné<br>- Insertion en fin de voie en conditions de trafic congestionné<br>- Fin d'autoroute |
| Changement de voie (si possible) | | | - Avec différents véhicules dont 2RM approchant par l'arrière<br>- Avec changement de voie possible en conditions normales<br>- Avec changement de voie impossible en conditions normales<br>- Avec un véhicule de même vitesse circulant sur la voie adjacente empêchant le changement de voie<br>- Avec véhicule circulant dans la voie adjacente empêchant le changement de voie<br>- Avec changement de voie possible pendant MRM/MU<br>- Avec un véhicule s'insérant au même endroit que l'ego |
| Activation de l'ALKS uniquement dans son ODD (pas d'activation en dehors) | | - Portion d'autoroute non conforme à l'ODD | |
| | | - Environnement urbain | |
| | | - Conditions environnementales non conformes | |

| | | |
|---|---|---|
| Reprise du contrôle par le conducteur<br>- Par le volant<br>- Par la pédale d'accélération<br>- Par la pédale de frein | - | |

D'autres scénarios, qui peuvent ne pas faire partie de l'ODD, doivent être évalués si jugés nécessaires par les autorités compétentes, dont :

- Séparation des voies d'autoroute en Y
- Feux de circulation
- Véhicules d'urgence
- Marquage au sol effacé, masqué, dégradé
- Personnels de service et d'urgence dirigeant la circulation
- Changement des caractéristiques de la route (piétons autorisés, giratoire, intersection)
- Circulation en sens inverse/contresens
- Piéton traversant la voie à 5 km/h avec ego jusqu'à 60 km/h

Scénarios identifiés par la NHTSA, 2018

Les travaux de la NHTSA de 2018 sont basés sur une revue des méthodes de tests et des outils existants, ce qui a permis d'identifier d'une part les pratiques actuelles des tests de véhicules équipés de systèmes d'automatisation et d'autre part de pallier certains manques de ces méthodes.

Les scénarios du cadre développé par la NHTSA tentent de se baser sur les principaux éléments qui régissent la circulation des véhicules automatisés : la manœuvre tactique, la définition de l'ODD et l'OEDR.

Ces scénarios ont été développés aussi bien pour des tests boîte noire ou des tests de performance des composants du système. Dans ce document préliminaire, on ne s'intéresse pas aux paramètres d'évaluation des tests, ni aux procédures de mise en œuvre des tests associés aux scénarios. Les scénarios décrits sont dissociés des compétences et comportements attendus par les véhicules testés, par ailleurs définis dans le document.

Les tests proposés sont les suivants :

| Manœuvre tactique | Caractéristiques ODD | Caractéristiques OEDR (aléas) | Nombre de scénarios |
|---|---|---|---|
| Changement de voie/insertion à faible vitesse<br>Différents profils de vitesse pour chaque véhicule impliqué (3 différents pour chaque véhicule) | Route à chaussées séparées et plusieurs voies de même sens<br>Asphalte<br>Profil droit, plat<br>Marquages clairs<br>Temps dégagé, de jour, sec<br>- En ligne droite | - Avec un véhicule à 6m devant l'ego sur la voie adjacente<br>- Avec un véhicule à 8m devant l'ego et un véhicule à 8m derrière l'ego sur la voie adjacente<br>- Avec un véhicule à moins de 5m devant l'ego, un véhicule à la hauteur de l'ego et un véhicule à moins de 6m derrière l'ego sur la voie adjacente | 12 |
| Poursuite de véhicule<br>Différents profils de vitesse pour les | Route à chaussées séparées et plusieurs voies de même sens | - Avec un écart sup à 30m<br>- Avec un écart sup à 68m<br>- Avec un écart sup à 105m | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| véhicules (3 pour chacun corrélés à l'écart) | Asphalte<br>Profil droit, plat<br>Marquages clairs<br>Temps dégagé, de jour, sec<br>- En ligne droite<br>- En courbe | | |
| Sortie de voie pour embarquer/débarquer des passagers<br>Différentes vitesses d'approches et des véhicules stationnés sur le bord de route | Route à plusieurs voies de circulation par sens<br>Asphalte<br>Profil droit, plat<br>Marquages clairs<br>Temps dégagé, de jour, sec | - Avec un espace inter véhiculaire de 24m<br>- Avec un espace inter véhiculaire de 24m (plusieurs véhicules stationnés)<br>- Avec un espace inter véhiculaire inf à 3m | 6 |
| Bus scolaire arrêté sur autre voie pour débarquer des étudiants<br>Différentes vitesses (3 corrélées aux distances inter véhiculaires) | Route bidirectionnelles plusieurs voies de même sens<br>Asphalte<br>Profil droit, plat<br>Marquages clairs<br>Temps dégagé, de jour, sec | - Bus arrêté sur voie de même sens<br>- Bus arrêté sur voie de sens opposé<br>- Distance inter véhiculaire sup 30m<br>- Distance inter véhiculaire sup 68m<br>- Distance inter véhiculaire sup 105m | 6 |
| Véhicule en sens inverse dérivant devant l'ego<br>Différentes vitesses pour chaque véhicule (3 pour chacun) | Route bidirectionnelle | - Un véhicule arrive en sens inverse et dérive devant l'ego | 6 |
| Traversée d'un passage pour piétons<br>Différentes vitesses pour l'ego (2) | Route en environnement urbain<br>Une ou plusieurs voies de circulation par sens | - Avec présence d'un piéton (5 km/h) sur le passage<br>- Piéton s'engageant sur le passage<br>- Piéton en dehors du passage pour piétons<br>- Avec et sans signalisation | 10 |

Scénarios issus des travaux NHTSA de 2007 (pre-crash scenarios)

Les scénarios NHTSA 2018 sont issus d'un travail réalisé en 2007 à partir des bases d'accidents aux Etats-Unis. Ce rapport a permis la création d'une nouvelle typologie de scénarios de pré-accidents afin d'établir une base commune de recherche sur la sécurité des véhicules pour les organisations publiques et privées, qui permettrait aux chercheurs de déterminer les questions de sécurité routière à étudier en priorité dans la mise au point des systèmes d'évitement des collisions. La raison d'être de cette base est relative aux situations précédant l'accident, d'un point de vue de l'évitement : on cherche à éviter une collision, qu'elle que soit la conséquence finale, en admettant qu'une même situation critique peut avoir des conséquences différentes (collision, sortie de route, …).

Cette nouvelle base de données a eu l'objectif de se substituer aux deux bases existantes de références prises par l'industrie automobile : la typologie des 44 accidents développée par General Motors et la base NASS de l'USDOT.

Sa construction a reposé sur les deux bases précédemment citées et sur leurs hypothèses de construction :

- La sévérité de l'accident
- Le nombre de véhicules impliqués
- La contribution de l'environnement extérieur (conditions météorologiques et environnementales, facteurs de risques chez les conducteurs)

La liste intègre ainsi trois catégories de situations précédant l'accident : celles impliquant un unique véhicule, celles impliquant deux véhicules et celles impliquant au moins trois véhicules. La classification ci-dessous est organisée selon la fréquence de survenue de tous les accidents impliquant des véhicules légers.

| No | Scénarios |
|---|---|
| 1 | Véhicule prédécesseur arrêté |
| 2 | Perte de contrôle sans manœuvre préalable<br>(ex : circulation sur voie en temps de pluie) |
| 3 | Véhicule tournant à une intersection non signalisée |
| 4 | Véhicule prédécesseur freinant |
| 5 | Départ du bord de route sans manœuvre préalable<br>(ex : insertion dans la circulation depuis une place de parking) |
| 6 | Véhicule changeant de voie – même direction |
| 7 | Collision avec un animal sans manœuvre préalable |
| 8 | Franchissement d'une intersection non signalisée |
| 9 | Griller un feu rouge |
| 10 | Véhicules tournant – même direction |
| 11 | Tourne à gauche en traversant la voie de sens opposée en intersection signalisée |
| 12 | Véhicule prédécesseur circulant à vitesse faible |
| 13 | Tourne à gauche en traversant la voie de sens opposée en intersection non signalisée |
| 14 | Marche arrière dans un autre véhicule |
| 15 | Véhicule ne faisant pas de manœuvre – sens opposé |
| 16 | Perte de contrôle avec manœuvre préalable du véhicule<br>(ex : tourne à gauche en temps de pluie) |
| 17 | Véhicule en dérive – même direction |
| 18 | Véhicule suivant faisant une manœuvre |
| 19 | Départ du bord de route avec manœuvre préalable<br>(ex : véhicule tournant à gauche à une intersection depuis l'arrêt) |
| 20 | Départ du bord de route en reculant |
| 21 | Collision avec objet sans manœuvre préalable |
| 22 | Action d'évitement sans manœuvre préalable |
| 23 | Véhicule en stationnement – même direction |
| 24 | Franchissement d'un panneau stop |
| 25 | Incident sans collision |
| 26 | Défaillance du véhicule |
| 27 | Accident de piéton sans manœuvre préalable |
| 28 | Véhicule tournant à droite à une intersection signalisée |
| 29 | Collision avec objet avec manœuvre préalable |
| 30 | Collision avec cycliste sans manœuvre préalable |
| 31 | Collision avec animal avec manœuvre préalable |
| 32 | Collision avec cycliste avec manœuvre préalable |
| 33 | Collision avec piéton avec manœuvre préalable |
| 34 | Véhicule prédécesseur accélérant |
| 35 | Manœuvre du véhicule – direction opposée |
| 36 | Action d'évitement avec manœuvre préalable |
| 37 | Autres |

Scénarios issus des travaux liés à la norme ISO 34502

Cette partie présente la norme ISO 34502 à partir du schéma suivant en ce qui concerne l'articulation des couches de scénarios.

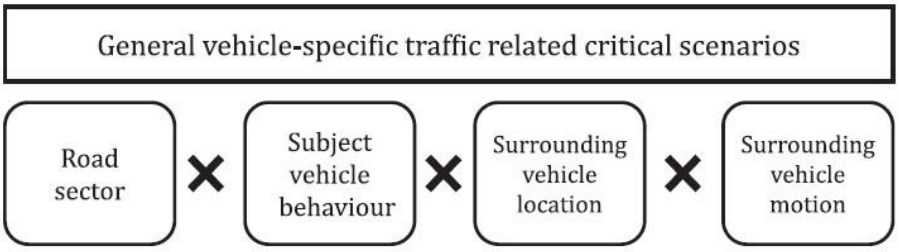



*Figure 7 : Schéma de construction de scénarios repris de la norme ISO 34502*

La norme ISO 34502 propose une méthode de définition des scénarios fonctionnels à partir des manœuvres possibles des acteurs et ego. Les tableaux suivants présentent des exemples des scénarios fonctionnels et logiques possibles à considérer.

- SCENARIOS LIES AUX MANŒUVRES DES ACTEURS

| | | |
|---|---|---|
| Scène initiale : pas de véhicules précédant l'EGO | Suivi de voie | Evénement : modification de vitesse maximale règlementaire |
| | | Evénement : arrivée sur un véhicule plus lent ou à l'arrêt |
| | | Evénement : véhicule à contre sens |
| | | Evénement : croisement d'un véhicule (avec empiètement ou embardée de 30 cm) |
| | Insertion dans ma voie (cut-in) | Evénement : insertion devant et derrière |
| | | Evénement : insertion en provenance de la voie de droite ou de la voie de gauche |
| | | Evénement : proches (TIV<= 3,5 s) ou éloignées (TIV> 3,5s) |
| | | Evénement : normales ou agressives (vitesse ~1m/s) ou accélération importante >2m/s² |
| Scène initiale : véhicule devant l'EGO | Suivi de véhicule | Evénement : Freinage du véhicule précédent |
| | | Evénement : Accélération du véhicule précédent |
| | | Evénement : croisement de véhicule |
| | | Evénement : objet inerte empiétant ou obstruant la voie du véhicule |
| | Changement de voie du véhicule précédent l'Ego (cut-out) | Evénement : changement vers la voie de droite ou la voie de gauche |
| | | Evénement : changement de file lent ou agressif |
| | | Evénement : changement de voie du véhicule précédent sans ou avec nouveau véhicule précédent dans la voie (ce véhicule peut être arrêté ou plus lent (25 km/h)) |
| | Changement de voie du véhicule EGO | Evénement : avec un véhicule arrivant par l'arrière sur la voie envisagée |
| | | Evénement : changement de voie concomitant |

Des scénarios spécifiques à des types d'acteurs particuliers comme les deux roues motorisées, les usagers vulnérables de la route, ou des objets peuvent être considérés.

- SCENARIOS LIES A DES INFRASTRUCTURES

La construction de scénarios en lien à l'infrastructure doit permettre de préciser le type d'infrastructure sur laquelle le système circulera ; elle intègre les analyses de l'ODD aux différents

niveau de déclinaison du système, qu'il s'agisse du niveau véhicule, système technique ou STRA déployé sur un parcours dans le cadre d'un service.

La norme ISO 34502 reprenant le « Safety Assurance Framework » de la JAMA donne une application de la démarche au cas autoroutier au Japon.

*Tableau 2 : Exemple de la prise en compte des niveaux infrastructure et manœuvres des acteurs par la JAMA*

| | | | Surrounding traffic participants' location and motion | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Road sector | Subject-vehicle behaviour | Cut in | Cut out | Acceleration | Deceleration (Stop) |
| Road sector and subject-vehicle behaviour | Main roadway | Lane keep | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 |
| | | Lane change | No.5 | No.6 | No.7 | No.8 |
| | Merge zone | Lane keep | No.9 | No.10 | No.11 | No.12 |
| | | Lane change | No.13 | No.14 | No.15 | No.16 |
| | Departure zone | Lane keep | No.17 | No.18 | No.19 | No.20 |
| | | Lane change | No.21 | No.22 | No.23 | No.24 |

Les scénarios de conception du systèmes doivent intégrer des scénarios de dysfonctionnement (défaillances et insuffisances fonctionnelles) :

- Défaillance : événement de type « défaillance d'un composant du système » (défaillance totale d'un capteur, défaillance totale du système de freinage principal, défaillance du système de direction, défaillance d'un système qui pourrait sembler secondaire comme : l'éclairage, l'essuyage) ;
- Insuffisance fonctionnelle

Ces deux types de scénarios impliquent de développer des scénarios visant à évaluer la pertinence de chacun des éléments suivants : PERCEPTION x DECISION x ACTION (ISO 34502)

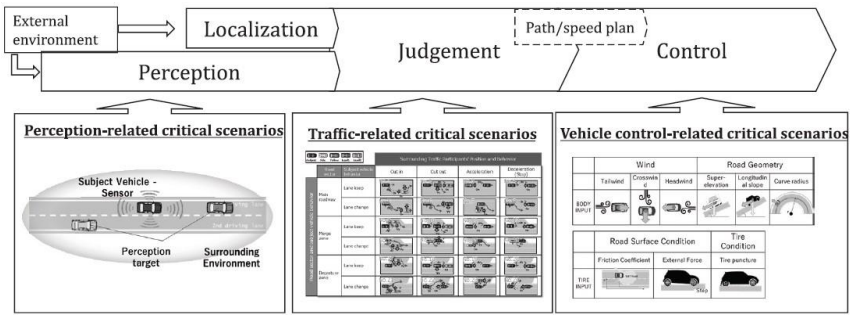



*Figure 8 : Lien entre les éléments de perception, décision et action dans la norme ISO 34502*

Le véhicule peut ne pas percevoir correctement la situation, ce qui peut conduire à un scénario critique (scénario comprenant un ou plusieurs facteurs de risque liés à la perception). Les scénarios critiques liés à la perception peuvent résulter d'une combinaison de conditions intrinsèques ou extrinsèques au capteur ou au véhicule.

Parmi les raisons intrinsèques, on peut citer le montage de la pièce (par exemple, instabilité liée au montage du capteur ou à la variabilité de la fabrication) ou l'état du véhicule (par exemple, inclinaison du véhicule due à une charge inégale qui modifie l'orientation du capteur, ou protection du capteur par des accessoires externes tels que des porte-bicyclettes).

Les raisons externes comprennent les conditions environnementales (par exemple, l'opacité du capteur, la saleté, la lumière) ou les angles morts induits par les véhicules environnants.

Les facteurs de risque liés à la circulation font référence aux conditions dans lesquelles le système concerné peut ne pas évaluer correctement la situation, ce qui peut conduire à un scénario critique lié à la circulation (scénario comprenant un ou plusieurs facteurs de risque liés à la circulation). Les scénarios critiques liés à la circulation peuvent résulter d'une combinaison des facteurs suivants : secteur de la route (par exemple, route principale, zone de convergence), comportement du véhicule concerné (par exemple, manœuvre de changement de voie) et emplacement et mouvement des véhicules environnants (par exemple, coupure par un véhicule situé à proximité).

Les facteurs de risque liés au contrôle du véhicule se réfèrent aux conditions dans lesquelles la perception et le jugement fonctionnent correctement, mais où le système peut ne pas réussir à contrôler le véhicule, ce qui peut conduire à un scénario critique lié au contrôle du véhicule (scénario comprenant un ou plusieurs facteurs de risque liés au contrôle du véhicule).

La méthodologie proposée dans cette annexe peut être liée à différentes approches pour paramétrer les scénarios critiques fondées sur des facteurs de risque liés à la situation de la circulation, à la perception et au contrôle du véhicule, ainsi que sur les objectifs pertinents des essais de sécurité basés sur des modèles de référence de performance, tels que le règlement UN/ WP29/R157.

- SCENARIOS LIES A DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES ou des MASQUES

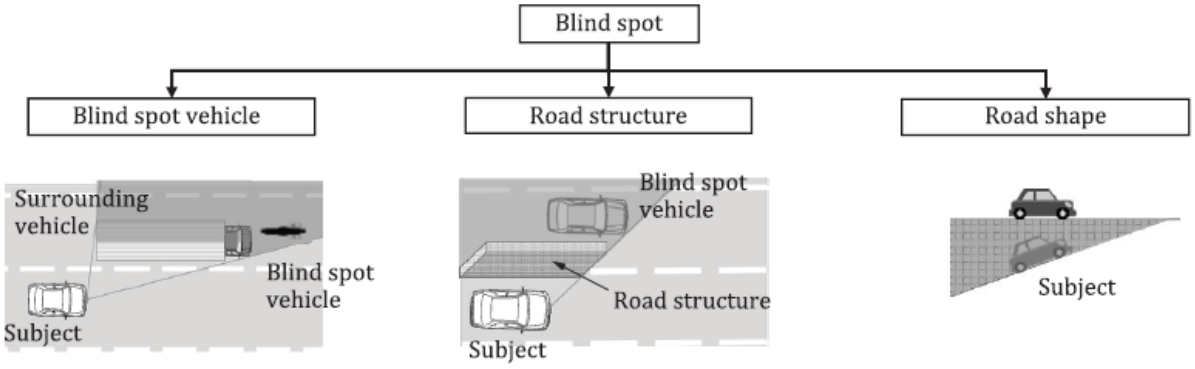



*Figure 9 : Schéma issu de la norme ISO 34502 sur la gestion des conditions environnementales dans les scénarios*

***Annexe 4 : typologies de collision en fonction de l'angle de la configuration initiale***

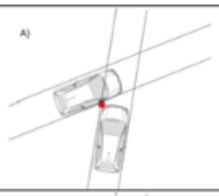
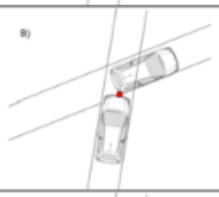
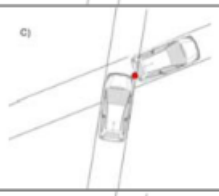
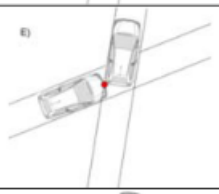
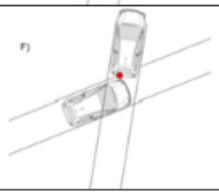
| | Situation | Diagram |
|---|---|---|
| A) | Corner Vehicle 2 hits side Vehicle 1 |  |
| B) | Front part Vehicle 2 hits corner Vehicle 1 |  |
| C) | Corner Vehicle 2 hits rear part Vehicle 1 |  |
| D) | Corner Vehicle 1 hits side Vehicle 1 | |
| E) | Front part Vehicle 1 hits corner Vehicle 2 |  |
| F) | Corner Vehicle 1 hits rear part Vehicle 2 |  |

*Figure 10 : Typologies des configurations des collisions où les angles sont inférieurs à 90 degrés*

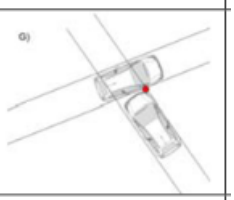
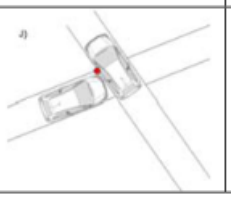
| | Situation | Diagram |
|---|---|---|
| G) | Corner Vehicle 2 hits side Vehicle 1 |  |
| H) | Corner Vehicle 1 hits front part Vehicle 2 | |
| I) | Corner Vehicle 2 hits front part Vehicle 1 | |
| J) | Corner Vehicle 1 hits side Vehicle 2 |  |

*Figure 5 : Typologies des configurations des collisions où les angles sont supérieurs à 90 degrés*

### *Annexe 5 : exigences liées à la notion de prudence dans le code de la route*

L'objectif de cette annexe est d'explorer les possibilités de refléter certaines exigences de portée prudentielle du code de la route dans l'approche de scénarios de démonstration de sécurité des systèmes de transport routier automatisé. Ce faisant, ce document tente d'identifier quelles exigences pourraient, sans recours à une interprétation des réponses attendues du véhicule / du conducteur, être relativement simplement traduites en scénarios. Pour d'autres exigences, ce document liste les paramètres qui apparaissent difficilement paramétrables et dont la traduction en scénarios serait donc beaucoup plus complexe.

Il convient de rappeler que cette annexe ne vise en aucune façon à traduire les exigences du code de la route en règles paramétrées et/ou binaires. Il ne relève donc pas de l'approche de « digitalisation du code de la route » que certains acteurs pourraient envisager.

Le tableau ci-dessous a pour objectif de présenter l'ensemble des exigences prévues par le code de la route applicables aux conducteurs de véhicules à moteur des catégories M, N, O et C, ainsi que de la catégorie navette urbaine définie par l'arrêté du 6 mai 2019, concernées par le décret 2021-873. Ne sont repris dans ce tableau que les exigences incombant au conducteur et à ce que celui-ci maîtrise. Si certains articles font référence en leur sein à des véhicules de catégories autres que les véhicules à moteurs des catégories précédemment citées, il ne sera pas fait mention de leur contenu.

Le tableau s'organise de la manière suivante :

- Les colonnes 1 et 3 sont réservées au code de la route contenant respectivement le numéro de l'article ainsi que l'exigence formulée.
- La colonne 2 donne l'exigence résumée pour plus de simplicité à la lecture, il ne s'agit pas d'une redite de l'exigence ni d'une explicitation.
- La colonne 4 propose une instanciation explicitement prévue par le code de la route relative à certains paramétrages ou certaines situations décrites par les exigences réglementaires présentées.
- La dernière colonne présente les premiers paramètres a priori non univoques ainsi que des caractérisations des comportements attendus des conducteurs/des véhicules équipés d'un système de conduite automatisé.

Ce premier cadre d'analyse n'est encore renseigné que de façon très incomplète à ce stade. En particulier, il ne distingue pas encore les difficultés d'instanciation des exigences du code de la route qui pourraient résider respectivement dans les conditions d'application de la règle et/ou dans la réponse du véhicule / conducteur à la règle.

Ce premier cadre d'analyse vise donc dans un premier temps principalement à lister les exigences du code de la route, en les distinguant selon qu'il s'agisse d'exigences de haut niveau caractérisant la circulation routière dans son ensemble ou qu'il s'agisse d'exigences spécifiques à certaines typologies de route ou exigences diverses (avertisseurs sonores, vitesse maximale autorisée). Dans cette optique, on ne présage pas à ce stade de la transposition des exigences en scénarios concret ni des critères de pass/fail qui permettraient de valider les exigences associées.

Les définitions suivantes ont été rappelées pour éviter toute confusion par l'usage des termes, issus du code de la route :

- chaussée : partie(s) de la route normalement utilisée(s) pour la circulation des véhicules
- voie de circulation : subdivision de la chaussée ayant une largeur insuffisante pour permettre la circulation d'une file de véhicules

- zone de rencontre : section ou ensemble de sections de voies en agglomération constituant une zone affectée à la circulation de tous les usagers. Dans cette zone, les piétons sont autorisés à circuler sur la chaussée sans y stationner et bénéficient de la priorité sur les véhicules. La vitesse des véhicules y est limitée à 20 km/ h. Toutes les chaussées sont à double sens pour les cyclistes, les conducteurs de cyclomobiles légers et les conducteurs d'engins de déplacement personnel motorisés, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police. Les entrées et sorties de cette zone sont annoncées par une signalisation et l'ensemble de la zone est aménagé de façon cohérente avec la limitation de vitesse applicable.
- bande cyclable : voie exclusivement réservée aux cycles à deux ou trois roues, aux cyclomobiles légers et aux engins de déplacement personnel motorisés sur une chaussée à plusieurs voies
- piste cyclable : chaussée exclusivement réservée aux cycles à deux ou trois roues, aux cyclomobiles légers et aux engins de déplacement personnel motorisés
- aire piétonne : section ou ensemble de sections de voies en agglomération, hors routes à grande circulation, constituant une zone affectée à la circulation des piétons de façon temporaire ou permanente. Dans cette zone, sous réserve des dispositions des articles R. 412-43-1 et R. 431-9, seuls les véhicules nécessaires à la desserte interne de la zone sont autorisés à circuler à l'allure du pas et les piétons sont prioritaires sur ceux-ci. Les entrées et sorties de cette zone sont annoncées par une signalisation.
- zone 30 : section ou ensemble de sections de voies constituant une zone affectée à la circulation de tous les usagers. Dans cette zone, la vitesse des véhicules est limitée à 30 km/ h. Toutes les chaussées sont à double sens pour les cyclistes, les conducteurs de cyclomobiles légers et les conducteurs d'engins de déplacement personnel motorisés, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police. Les entrées et sorties de cette zone sont annoncées par une signalisation et l'ensemble de la zone est aménagé de façon cohérente avec la limitation de vitesse applicable.

Remarque générale applicable aux droides de livraison urbaine : les dispositions applicables aux droides de livraison sont les dispositions applicables aux véhicules correspondant aux catégories de véhicules auxquelles ils appartiennent (art. R311-1).

| Code de la route | Exigence résumée du code de la route | Exigence réglementaire du code de la route | Instanciations et paramétrages explicitement prévus par le code de la route | Paramètres non univoques |
|---|---|---|---|---|
| ***Exigences de haut niveau sur la circulation des véhicules*** | | | | |
| R412-7 | - usage de la chaussée | Les véhicules doivent, sauf en cas de nécessité absolue, circuler sur la chaussée. | | - (pas de circulation prévue sur les trottoirs pour les droides à ce stade)<br>- aire piétonne, zone de rencontre définies par code de la route |
| R412-8 | - usage de la BAU | La circulation sur les bandes d'arrêt d'urgence est interdite. | | Disposition non applicable aux véhicules d'intérêt général (art. R432) |
| R412-19 | - franchissement lignes longitudinales continues | Lorsque des lignes longitudinales continues axiales ou séparatives de voies de circulation sont apposées sur la chaussée, elles interdisent aux conducteurs leur franchissement ou leur chevauchement. | | |
| R412-18 | - franchissement de lignes longitudinales discontinues | Lorsque des lignes longitudinales discontinues sont apposées sur la surface de la chaussée, elles autorisent leur franchissement ou leur chevauchement. Elles sont destinées notamment à délimiter les voies en vue de guider la circulation. | | |
| R412-20 | - franchissement d'une ligne longitudinale discontinue accolée à une ligne longitudinale continue | Lorsqu'une ligne longitudinale discontinue est accolée à la ligne longitudinale continue, tout conducteur peut franchir ou chevaucher cette dernière si la ligne discontinue se trouve la plus proche de son véhicule au début de la manœuvre et à condition que cette manœuvre soit terminée avant la fin de la ligne discontinue. | | (rq performantielle : marquages dégradés) |
| R412-23 | - circulation lorsque la chaussée comporte plusieurs voies de circulation de même sens | Lorsque la chaussée comporte des lignes longitudinales discontinues délimitant les voies de circulation :<br>1° S'il s'agit de voies de circulation générale non spécialisées, tout conducteur doit en marche normale emprunter celle de ces voies qui est le plus à droite et ne franchir ces lignes qu'en cas de dépassement, ou lorsqu'il est nécessaire de traverser la chaussée | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R412-23 | - circulation sur voie réservée à certaines catégories de véhicules | 2° S'il s'agit d'une voie de circulation réservée à certaines catégories d'usagers, les autres usagers ne peuvent franchir ou chevaucher la ligne que pour quitter la chaussée ou l'aborder. | | (circulation des droides sur les pistes cyclables ?) |
| R412-28 | - circulation en sens interdit | Le fait, pour tout conducteur, de circuler en sens interdit est puni de l'amende prévue pour les contraventions de la quatrième classe. | | (circulation en remontée de file pour les droides ?) |
| R415-11 | - priorité de passage des piétons | Tout conducteur est tenu de céder le passage, au besoin en s'arrêtant, au piéton s'engageant régulièrement dans la traversée d'une chaussée ou manifestant clairement l'intention de le faire ou circulant dans une aire piétonne ou une zone de rencontre. | | - traversée régulière de la chaussée (cf. règles code de la route relatives à la traversée des piétons art. R412-34 à R412-43)<br>- et manifestant clairement l'intention de le faire |
| R415-12 | - priorité de passage des véhicules d'intérêt général prioritaires | En toutes circonstances, tout conducteur est tenu de céder le passage aux véhicules d'intérêt général prioritaires annonçant leur approche par l'emploi des avertisseurs spéciaux prévus pour leur catégorie circulant dans une aire piétonne ou une zone de rencontre. | | |
| R421-1 | - bretelles d'insertions | Les dispositions relatives à la circulation sur les autoroutes sont également applicables aux bretelles de raccordement autoroutières. | | |
| R421-5 | - usage de la bande centrale séparatrice | Les conducteurs ne doivent en aucun cas circuler, s'arrêter ou stationner sur la bande centrale séparative des chaussées. | | Disposition non applicable aux véhicules d'intérêt général (art. R432) |
| ***Vitesse des véhicules*** | | | | |
| R413-1 | - les vitesses plus restrictives édictées par le pouvoir de police prévalent sur celles du code de la route | Lorsqu'elles sont plus restrictives, les vitesses maximales édictées par l'autorité investie du pouvoir de police prévalent sur celles autorisées par le présent code. | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R413-2 | - vitesses maximales autorisées hors agglomération | Hors agglomération, la vitesse des véhicules est limitée à :<br>1° 130 km/ h sur les autoroutes.<br>2° 110 km/ h sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central ;<br>3° 80 km/ h sur les autres routes. Toutefois, sur les sections de ces routes comportant au moins deux voies affectées à un même sens de circulation, la vitesse maximale est relevée à 90 km/ h sur ces seules voies.<br>En cas de pluie ou d'autres précipitations, ces vitesses maximales sont abaissées à :<br>1° 110 km/ h sur les sections d'autoroutes où la limite normale est de 130 km/ h ;<br>2° 100 km/ h sur les sections d'autoroutes où cette limite est plus basse ainsi que sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central ;<br>3° 80 km/ h sur les sections des autres routes mentionnées au 3° du I. | | |
| R413-3 | - vitesses maximales autorisées en agglomération | En agglomération, la vitesse des véhicules est limitée à 50 km/ h.<br>Toutefois, cette limite peut être relevée à 70 km/ h sur les sections de route où les accès des riverains et les traversées des piétons sont en nombre limité et sont protégés par des dispositifs appropriés. La décision est prise par arrêté de l'autorité détentrice du pouvoir de police de la circulation, après consultation des autorités gestionnaires de la voie et, s'il s'agit d'une route à grande circulation, après avis conforme du préfet.<br>Sur le boulevard périphérique de Paris, cette limite est fixée à 70 km/h. | | |
| R413-4 | - vitesse maximale autorisée en cas de visibilité restreinte | En cas de visibilité inférieure à 50 mètres, les vitesses maximales sont abaissées à 50 km/h sur l'ensemble des réseaux routier et autoroutier. | - scénarios génériques de mesure de distance | |
| R413-7 | - limitation de vitesse des véhicules de PTAC < 3.5 t et de transport en commun, équipés de pneus à crampons antidérapants | La vitesse des véhicules d'un poids total autorisé en charge inférieur ou égal à 3,5 tonnes et des véhicules de transport en commun, équipés de pneumatiques comportant des crampons antidérapants faisant saillie, est<br>limitée à 90 km/h. | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R413-8 | - limitation de vitesse des véhicules de PTAC > 3.5 t, sauf TC | La vitesse des véhicules dont le poids total autorisé en charge est supérieur à 3,5 tonnes ou des ensembles de véhicules dont le poids total roulant autorisé est supérieur à 3,5 tonnes, à l'exception des véhicules de transport en commun, est limitée à :<br>1° 90 km/h sur les autoroutes ;<br>2° 80 km/h sur les routes à caractère prioritaire et signalées comme telles. Toutefois, cette vitesse maximale est relevée à 90 km/h pour les véhicules dont le poids total est inférieur ou égal à 12 tonnes sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central ;<br>3° 80 km/h sur les autres routes. Toutefois, cette vitesse maximale est abaissée à 60 km/h pour les véhicules articulés ou avec remorque dont le poids total est supérieur à 12 tonnes.<br>4° 50 km/h en agglomération. Toutefois, cette vitesse maximale est relevée à 70 km/h sur le boulevard périphérique de Paris. | | |
| R413-9-1 | - limitation de vitesse des véhicules de transport de passagers (PTAC > 3.5 et < 12 t) | Toutefois, la vitesse des véhicules visés à l'article R. 413-8 qui sont destinés au transport de personnes et dont le poids total autorisé en charge est supérieur à 3,5 tonnes et inférieur ou égal à 12 tonnes est limitée à :<br>1° 110 km / h sur les autoroutes ;<br>2° 100 km / h sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central lorsqu'elles sont à caractère prioritaire et signalées comme telles ;<br>3° 80 km / h sur les autres routes. | | |
| R413-10 | - vitesse hors agglomération des transports en commun | I. - Hors agglomération et à l'exception des voies sur lesquelles la vitesse des véhicules est limitée à 80 km/h en application du 3° du I de l'article R. 413-2, la vitesse des véhicules de transport en commun est limitée à 90 km/h.<br>II.- Toutefois, cette vitesse maximale est relevée à 100 km/h :<br>1° Sur les autoroutes pour les véhicules dont le poids total est supérieur à 10 tonnes et possédant des caractéristiques techniques particulières définies par arrêté du ministre chargé des transports ;<br>2° Sur les autoroutes et les routes à chaussées séparées par un terre-plein central pour les véhicules dont le poids est inférieur ou égal à 10 tonnes. | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | III.- En exploitation, ces vitesses maximales sont abaissées à 70 km / h pour les autobus et les autocars avec passagers debout. | | |
| R413-17 | - réduction de vitesse dans certaines situations | Les vitesses maximales autorisées par les dispositions du présent code, ainsi que celles plus réduites éventuellement prescrites par les autorités investies du pouvoir de police de la circulation, ne s'entendent que dans des conditions optimales de circulation : bonnes conditions atmosphériques, trafic fluide, véhicule en bon état.<br>Sa vitesse doit être réduite :<br>1° Lors du croisement ou du dépassement de piétons y compris ceux ayant quitté un véhicule ou de cyclistes isolés ou en groupe ;<br>1° bis Lors du croisement ou du dépassement de tout véhicule, immobilisé ou circulant à faible allure sur un accotement, une bande d'arrêt d'urgence ou une chaussée, équipé des feux spéciaux mentionnés aux articles R. 313-27 et R. 313-28 ou dont le conducteur fait usage de ses feux de détresse dans les conditions prévues au premier alinéa de l'article R. 416-18 ;<br>2° Lors du dépassement de convois à l'arrêt ;<br>3° Lors du croisement ou du dépassement de véhicules de transport en commun ou de véhicules affectés au transport d'enfants et faisant l'objet d'une signalisation spéciale, au moment de la descente et de la montée des voyageurs ;<br>4° Dans tous les cas où la route ne lui apparaît pas entièrement dégagée, ou risque d'être glissante ;<br>5° Lorsque les conditions de visibilité sont insuffisantes (temps de pluie et autres précipitations, brouillard...) ;<br>6° Dans les virages ;<br>7° Dans les descentes rapides ;<br>8° Dans les sections de routes étroites ou encombrées ou bordées d'habitations ;<br>9° A l'approche des sommets de côtes et des intersections où la visibilité n'est pas assurée ;<br>10° Lorsqu'il fait usage de dispositifs spéciaux d'éclairage et en particulier de ses feux de croisement ;<br>11° Lors du croisement ou du dépassement d'animaux. | En présence de tiers :<br>- croisement/dépassement de piétons<br>- croisement/dépassement d'un véhicule immobilisé ou circulant à faible allure sur la chaussée, sur l'accotement, sur BAU et faisant usage de feux spéciaux<br>- dépassement de convois à l'arrêt<br>- croisement/dépassement de véhicules de transport en commun, transport d'enfants lors de la montée/descente des passagers<br>- croisement/dépassement d'animaux<br>En situations spécifiques :<br>- route non dégagée ou glissante<br>- en virages<br>- en descentes rapides,<br>- dans les sections de route étroites ou encombrées ou bordées d'habitation<br>- à l'approche des sommets de côtés et des intersections à visibilité réduite<br>- lorsqu'il utilise des dispositifs spéciaux d'éclairage dont feux de croisement | - conditions optimales de circulation = bonnes conditions atmosphériques, trafic fluide, véhicule en bon état<br>- conditions de visibilité insuffisantes / visibilité pas assurée<br>- route qui apparait non dégagée<br>- route glissante<br>- route étroite<br>- route encombrée |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R413-19 | - vitesse de circulation anormalement faible | Aucun conducteur ne doit gêner la marche normale des autres véhicules en circulant sans raison valable à une vitesse anormalement réduite. En particulier sur autoroute, lorsque la circulation est fluide et que les conditions atmosphériques permettent une visibilité et une adhérence suffisantes, les conducteurs utilisant la voie la plus à gauche ne peuvent circuler à une vitesse inférieure à 80 km/h. | | - vitesse anormalement réduite<br>- raison valable<br>- gêner la marche normale<br>- situation fluide<br>- visibilité suffisante<br>- adhérence suffisante |
| R412-28-1[13] | - circulation des EDP-M et 2RM en double sens | Lorsque la vitesse maximale autorisée est inférieure ou égale à 30 km/ h, les chaussées sont à double sens pour les conducteurs d'engins de déplacement personnel motorisés, de cyclomobiles légers et les cyclistes sauf décision contraire de l'autorité investie du pouvoir de police. | | |
| ***Usage des avertisseurs sonores*** | | | | |
| R416-1 | - usage des avertisseurs sonores | Hors agglomération, l'usage des avertisseurs sonores n'est autorisé que pour donner les avertissements nécessaires aux autres usagers de la route.<br>En agglomération, l'usage de l'avertisseur sonore n'est autorisé qu'en cas de danger immédiat.<br>Les signaux émis ne doivent pas se prolonger plus qu'il n'est nécessaire.<br>De nuit, les avertissements doivent être donnés par l'allumage intermittent soit des feux de croisement, soit des feux de route, les signaux sonores ne devant être utilisés qu'en cas d'absolue nécessité. | - cibler les scénarios où l'usage de l'avertisseur sonore serait nécessaire ? | - avertissements nécessaires aux autres usagers de la route<br>- danger immédiat<br>- se prolonger plus que nécessaire<br>- nécessité absolue<br>*(AVAS concernés par la disposition, cf. ECE R138)* |
| ***Circulation sur chaussée ininterrompue*** | | | | |
| ***Roulage sur voie*** | | | | |

[13] Cet article ne désigne pas de fait une exigence pour les véhicules automatisés mais désigne une spécificité de circulation sur les chaussées où la vitesse maximale est limitée à 30 km/h pour les EDP-M et 2RM. Dans ce cas, l'absence d'une signalisation (verticale ou horizontale) pour signaler l'éventuelle présence de ces catégories d'usagers tiers dans les deux sens de circulation, alors que la circulation des autres véhicules ne s'effectue que dans un sens, ne doit pas être un frein à la bonne prise en compte de ces usagers par le véhicule auomatisé.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R412-9 | - position du véhicule prêt du bord droit de la chaussée | En marche normale, tout conducteur doit maintenir son véhicule près du bord droit de la chaussée, autant que le lui permet l'état ou le profil de celle-ci.<br>Toutefois, un conducteur qui pénètre sur un carrefour à sens giratoire comportant plusieurs voies de circulation en vue d'emprunter une sortie située sur sa gauche par rapport à son axe d'entrée peut serrer à gauche. | | - distance au bord droit de la chaussée à respecter ou position dans sa voie (par rapport au milieu de la voie)<br>- notion de « bon » état de chaussée<br>- notion de « bon » profil de chaussée |
| R412-11-1<br><br>Lien articles<br>R313-27<br>R313-28<br>R413-17<br>R414-4<br>R416-18 | - véhicule circulant à faible allure ou immobilisé sur la chaussée ou la BAU | Lorsqu'un véhicule équipé des feux spéciaux [14] ou tout autre véhicule dont le conducteur fait usage de ses feux de détresse est immobilisé ou circule à faible allure sur un accotement ou une bande d'arrêt d'urgence, tout conducteur circulant sur le bord droit de la chaussée doit à son approche réduire sa vitesse et changer de voie de circulation après s'être assuré qu'il peut le faire sans danger. Si le changement de voie n'est pas réalisable, le conducteur doit s'éloigner le plus possible du véhicule en demeurant dans sa voie.<br>Lorsque ce même véhicule est immobilisé ou circule à faible allure sur une chaussée, tout conducteur circulant sur la même voie de circulation doit à son approche réduire sa vitesse, au besoin s'arrêter, et dépasser le véhicule.<br>Lorsque ce même véhicule est immobilisé ou circule à faible allure sur une voie de circulation adjacente, tout conducteur doit à son approche réduire sa vitesse et s'en éloigner le plus possible en demeurant dans la même voie. | - circulation sur voie avec un véhicule faisant usage de feux spéciaux ou feux de détresse immobilisé/circulant à faible allure sur accotement ou BAU<br>- circulation sur voie avec véhicule faisant usage de feux spéciaux ou feux de détresse immobilisé/circulant à faible allure dans sa voie<br>- circulation sur voie avec véhicule faisant usage de feux spéciaux ou feux de détresse immobilisé/circulant à faible allure dans une voie adjacente | |
| R412-12 | - distance de sécurité | Lorsque deux véhicules se suivent, le conducteur du second doit maintenir une distance de sécurité suffisante pour pouvoir éviter une collision en cas de ralentissement brusque ou d'arrêt subit du véhicule qui le précède. Cette distance est d'autant plus grande que la vitesse est plus élevée. Elle correspond à la distance parcourue par le véhicule pendant un délai d'au moins deux secondes. | - circulation sur voie avec freinage brutal du prédécesseur<br>- circulation sur voie avec freinage brutal devant d'un des véhicules prédécesseurs | - distance de sécurité = distance parcourue par le véhicule en au moins 2s *(applicable en toute circonstance, y compris zone piétonne ; notion relative à la vitesse de circulation)* |

[14] Véhicules d'intérêt général prioritaires, véhicules d'intérêt général bénéficiant de facilités de passage, ou véhicule d'intérêt général

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Croisement*** | | | | |
| R414-1 | - croisement | Les croisements s'effectuent à droite.<br>En cas de croisement de véhicules, chaque conducteur doit serrer sur sa droite autant que le lui permet la présence d'autres usagers.<br>Toutefois, certaines intersections peuvent être aménagées de façon telle que le conducteur doive, en fonction de la signalisation, serrer sur sa gauche pour permettre le croisement. | | - autant que lui permet la présence d'autres usagers |
| R414-2 | - croisement impossible | Dans tous les cas où l'insuffisance de la largeur libre de la chaussée, son profil ou son état ne permettent pas le croisement avec facilité et en toute sécurité, les conducteurs de véhicules dont le gabarit ou dont le chargement dépasse 2 mètres de largeur ou 7 mètres de longueur, remorque comprise, à l'exception des véhicules de transport en commun en agglomération, doivent réduire leur vitesse et, au besoin, s'arrêter ou se garer pour laisser le passage aux véhicules de dimensions inférieures.<br>Dans les mêmes cas, tous les usagers doivent réduire leur vitesse et, au besoin, s'arrêter ou se garer pour faciliter le passage d'un véhicule d'intérêt général faisant usage des avertisseurs spéciaux autorisés pour sa catégorie ou d'un transport exceptionnel mentionné à l'article R. 433-1 et de ses véhicules d'accompagnement mentionnés à l'article R. 433-17. | - croisement sur chaussée de largeur insuffisante ou en mauvais état | - croisement avec facilité et en toute sécurité<br>(rq performantielle : gestion de l'emprise au sol des véhicules croisés) |
| ***Changement de file*** | | | | |
| R412-10 | - changement de direction | Tout conducteur qui s'apprête à apporter un changement dans la direction de son véhicule ou à en ralentir l'allure doit avertir de son intention les autres usagers, notamment lorsqu'il va se porter à gauche, traverser la chaussée, ou lorsque, après un arrêt ou stationnement, il veut reprendre sa place dans le courant de la circulation. | - changement de voie à gauche<br>- traversée de chaussée (cf. intersections)<br>- insertion dans la circulation après un arrêt ou stationnement | - notion temporelle de l'avertissement<br>*(en application de cette disposition, tout écartement par rapport à la position de circulation doit être signalé)* |
| R412-24 | - circulation dense | Lorsque, sur les routes à sens unique et sur les routes à plus de deux voies, la circulation, en raison de sa densité, s'établit en file ininterrompue sur toutes les voies, les conducteurs doivent rester dans leur file. | - circulation en file ininterrompue sur toutes les voies de circulation | - circulation dense<br>- entraver le moins possible la marche normale des autres véhicules |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Toutefois, les changements de voies de circulation sont possibles pour préparer un changement de direction et doivent être effectués en entravant le moins possible la marche normale des autres véhicules. | | |
| R412-25 | - changement de file pour les véhicules de PTAC > 3.5 t | Lorsqu'une route comporte trois voies ou plus, affectées à un même sens de circulation, il est interdit aux conducteurs des véhicules dont le poids total autorisé en charge excède 3,5 tonnes ou d'ensemble de véhicules dont la longueur excède 7 mètres d'emprunter d'autres voies que les deux voies situées le plus près du bord droit de la chaussée, sauf, en entravant le moins possible la marche normale des autres véhicules,<br>pour préparer un changement de direction. | - circulation sur route chaussées séparées à 3 voies ou plus, d'un véhicule [PTAC > 3.5 t ou L > 7 m] | - entraver le moins possible la marche normale des autres véhicules<br>(rq performantielle : gestion des zones à forte densité piétonne) |
| R414-3 | - croisement sur route à forte déclivité | Lorsque sur les routes de montagne et sur les routes à forte déclivité le croisement se révèle difficile, le véhicule descendant doit s'arrêter à temps le premier.<br>S'il est impossible de croiser sans que l'un des deux véhicules soit contraint de faire marche arrière, cette obligation s'impose :<br>1° A un véhicule unique par rapport à un ensemble de véhicules ;<br>2° Au véhicule le plus léger des deux ;<br>3° A un véhicule de transports de marchandises d'un poids total autorisé en charge supérieur à 3,5 tonnes par rapport à un véhicule de transport en commun.<br>Lorsqu'il s'agit de véhicules de la même catégorie, c'est le conducteur du véhicule descendant qui doit faire marche arrière, sauf si cela est manifestement plus facile pour le conducteur du véhicule montant, notamment si celui-ci se trouve près d'une place d'évitement. | - croisement sur route à forte déclivité | |
| ***Dépassement*** | | | | |
| R414-4 | - conditions de dépassement | Avant de dépasser, tout conducteur doit s'assurer qu'il peut le faire sans danger.<br>Il ne peut entreprendre le dépassement d'un véhicule que si :<br>1° Il a la possibilité de reprendre sa place dans le courant normal de la circulation sans gêner celle-ci ;<br>2° La vitesse relative des deux véhicules permettra d'effectuer le dépassement dans un temps suffisamment bref. | | - dépasser sans danger<br>- sans gêner la circulation<br>- temps suffisamment bref<br>- distance de sécurité latérale pour le dépassement d'un piéton, d'un 2-3RM, d'un cavalier, |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3° Il n'est pas lui-même sur le point d'être dépassé.<br>Il doit, en outre, avertir de son intention l'usager qu'il veut dépasser.<br>Pour effectuer le dépassement, il doit se déporter suffisamment pour ne pas risquer de heurter l'usager qu'il veut dépasser. Il ne doit pas en tout cas s'en approcher latéralement à moins d'un mètre en agglomération et d'un mètre et demi hors agglomération s'il s'agit d'un véhicule à traction animale, d'un engin à deux ou à trois roues, d'un piéton, d'un cavalier ou d'un animal. | | d'un animal, d'un véhicule à traction animale = 1 m agglo ; 1.5 m hors agglo<br>- distance de dépassement d'un piéton en zone piétonne, zone de rencontre |
| R414-5 | - dépassement au niveau des passages piétons | A l'approche des passages prévus à l'intention des piétons, les conducteurs ne doivent effectuer de dépassement qu'après s'être assurés qu'aucun piéton n'est engagé sur le passage. | - situation de dépassement au niveau d'un passage pour piétons | |
| R414-6 | - dépassement par la droite | Les dépassements s'effectuent à gauche.<br>Par exception à cette règle, tout conducteur doit dépasser par la droite :<br>1° Un véhicule dont le conducteur a signalé qu'il se disposait à changer de direction vers la gauche ;<br>2° Un véhicule qui circule sur une voie ferrée empruntant la chaussée lorsque l'intervalle existant entre ce véhicule et le bord de la chaussée est suffisant ; toutefois, dans ce dernier cas, le dépassement peut s'effectuer à gauche sur les routes où la circulation est à sens unique ou sur les autres routes lorsque le dépassement laisse libre toute la moitié gauche de la chaussée.<br>*Lorsque, sur les routes à sens unique et sur les routes à plus de deux voies, la circulation s'est, en raison de sa densité, établie en file ininterrompue sur toutes les voies, le fait que les véhicules d'une file circulent plus vite que les véhicules d'une autre file n'est pas considéré comme un dépassement.* | | |
| R416-7 | - dépassement sur chaussée à double sens (2*1) | Tout conducteur qui effectue un dépassement par la gauche ne peut emprunter la moitié gauche de la chaussée que s'il ne gêne pas la circulation en sens inverse. | - dépassement sur chaussée bidirectionnelle en 2*1 voie | - gêne de la circulation en sens inverse |
| R414-8 | - dépassement sur chaussée à double sens | Lorsqu'une chaussée à double sens de circulation comporte plus de deux voies, matérialisées ou non, les conducteurs effectuant un dépassement ne doivent pas emprunter la voie située pour eux le plus à gauche. | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R414-10 | - fin de dépassement | Tout conducteur qui vient d'effectuer un dépassement par la gauche doit revenir sur sa droite sans provoquer le ralentissement du véhicule dépassé. | | |
| R414-11 | - dépassement à faible visibilité | Tout dépassement est interdit sur les chaussées à double sens de circulation, lorsque la visibilité vers l'avant n'est pas suffisante, ce qui peut être notamment le cas dans un virage ou au sommet d'une côte, sauf si cette manœuvre laisse libre la partie de la chaussée située à gauche d'une ligne continue ou si, s'agissant de dépasser un véhicule à deux roues, cette manœuvre laisse libre la moitié gauche de la chaussée. | - dépassement sur route bidirectionnelle à faible visibilité vers l'avant (ex : virage ou sommet de côté) | |
| R414-11 | - dépassement en intersection | Tout dépassement autre que celui des véhicules à deux roues est interdit aux intersections de routes, sauf pour les conducteurs abordant une intersection où les conducteurs circulant sur les autres routes doivent leur laisser le passage, ou lorsqu'ils abordent une intersection dont le franchissement est réglé par des feux de signalisation ou par un agent de la circulation. | - dépassement d'un 2RM en intersection | |
| R414-12 | - dépassement à un passage à niveau | Tout dépassement est interdit aux traversées de voies ferrées non munies de barrières ou de demi-barrières. | | Disposition applicable aux traversées de tramway |
| R414-13 | - dépassement de véhicules de transport public assujettis à suivre une trajectoire | Il est interdit à tout conducteur de dépasser un train ou un véhicule de transport public assujetti à suivre, de façon permanente, une trajectoire déterminée par un ou des rails matériels et empruntant l'assiette des routes, à l'arrêt pendant la montée ou la descente des voyageurs du côté où elle s'effectue. | | |
| R414-16 | - se faire dépasser | Lorsqu'ils sont sur le point d'être dépassés, les conducteurs doivent serrer immédiatement sur leur droite sans accélérer l'allure. | | |
| R414-17 | - dépassement en cas de neige | Lorsque, sur la chaussée, une voie de circulation au moins est couverte de neige ou de verglas sur tout ou partie de sa surface :<br>I. - 1° Le dépassement ou le changement de file est interdit à tout conducteur d'un véhicule dont le poids total autorisé en charge excède 3,5 tonnes ou à tout conducteur d'un ensemble de véhicules dont la longueur excède 7 mètres ;<br>2° Le dépassement des engins de service hivernal en action sur la chaussée est interdit à tout véhicule. | | - voie de circulation couverte de neige ou de verglas sur toute ou partie de sa surface |
| ***Insertions et intersections*** | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Franchissement d'un giratoire/rond-point*** | | | | |
| R415-10 | - franchissement d'un giratoire | Tout conducteur abordant un carrefour à sens giratoire est tenu, quel que soit le classement de la route qu'il s'apprête à quitter, de céder le passage aux usagers circulant sur la chaussée qui ceinture le carrefour à sens giratoire. | | |
| ***Franchissement d'une intersection*** | | | | |
| R415-1 | - franchissement d'une intersection | Tout conducteur s'approchant d'une intersection de routes doit vérifier que la chaussée qu'il va croiser est libre, circuler à allure d'autant plus modérée que les conditions de visibilité sont moins bonnes et, en cas de nécessité, annoncer son approche. | | - conditions de visibilité moins bonnes<br>- en cas de nécessité |
| R415-2 | - s'engager dans une intersection | Tout conducteur ne doit s'engager dans une intersection que si son véhicule ne risque pas d'y être immobilisé et d'empêcher le passage des véhicules circulant sur les autres voies. En particulier, un conducteur ne doit pas s'engager dans une intersection de routes en cas de signalement, par le conducteur d'un des véhicules d'accompagnement, du franchissement imminent de cette intersection par un transport exceptionnel. | | |
| R412-30 | - feu de signalisation rouge | Tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant.<br>L'arrêt se fait :<br>1° Lorsqu'une ligne d'arrêt est matérialisée, en respectant la limite de cette ligne ;<br>2° Lorsqu'une ligne d'arrêt n'est pas matérialisée, en respectant la limite d'une ligne située avant le passage pour piétons s'il précède le feu et, dans les autres cas, à l'aplomb du feu de signalisation. | | |
| R412-30 | - franchissement d'une piste cyclable signalée par des feux | Lorsqu'une piste cyclable ou une trajectoire matérialisée pour les cycles, traversant la chaussée est parallèle et contiguë à un passage réservé aux piétons dont le franchissement est réglé par des feux de signalisation lumineux, tout conducteur empruntant cette piste ou cette trajectoire matérialisée est tenu, à défaut de signalisation spécifique, de respecter les feux de signalisation réglant la traversée de la chaussée par les piétons. | | |
| R412-31 | - feu de signalisation jaune | Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe, sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le | | - conditions de sécurité suffisantes |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes. | | |
| R412-32 | - feu de signalisation jaune clignotant | Les feux de signalisation jaunes clignotants ont pour objet d'attirer l'attention de tout conducteur sur un danger particulier.<br>Ils autorisent le passage des véhicules sous réserve, le cas échéant, du respect des dispositions relatives aux règles de priorité établies par le présent code ou prescrites par une signalisation particulière. | | |
| R412-33 | - feu de signalisation vert | Les feux de signalisation verts autorisent le passage des véhicules, sous réserve, dans les intersections, que le conducteur ne s'engage que si son véhicule ne risque pas d'être immobilisé et d'empêcher le passage des autres véhicules circulant sur les voies transversales et qu'un transport exceptionnel ou un de ses véhicules d'accompagnement ne soit pas engagé sur ces voies. Dans ce dernier cas, la priorité de passage appartient au transport exceptionnel et à ses véhicules d'accompagnement. | | |
| R415-5 | - priorité à droite | Lorsque deux conducteurs abordent une intersection par des routes différentes, le conducteur venant par la gauche est tenu de céder le passage à l'autre conducteur, sauf dispositions différentes prévues au présent livre. | | |
| R415-6 | - stop | A certaines intersections indiquées par une signalisation dite stop, tout conducteur doit marquer un temps d'arrêt à la limite de la chaussée abordée. Il doit ensuite céder le passage aux véhicules circulant sur l'autre ou les autres routes et ne s'y engager qu'après s'être assuré qu'il peut le faire sans danger. | | - pouvoir s'engager sans danger<br>- notion de temps de pause |
| R415-7 | - cédez le passage | A certaines intersections indiquées par une signalisation dite "cédez le passage", tout conducteur doit céder le passage aux véhicules circulant sur l'autre ou les autres routes et ne s'y engager qu'après s'être assuré qu'il peut le faire sans danger. | | - pouvoir s'engager sans danger |
| ***Franchissement d'un passage à niveau*** | | | | |
| R422-3 | - franchissement d'un passage à niveau | Aucun conducteur ne doit s'engager sur un passage à niveau si son véhicule risque, du fait de ses caractéristiques techniques ou des conditions de circulation, d'y être immobilisé. Lorsqu'un passage à niveau est muni de barrières ou de demi-barrières, aucun usager de la route ne doit s'y engager lorsque ces barrières sont soit | | Disposition applicable aux voies de tramway (par définition) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | fermées, soit en cours de fermeture ou d'ouverture. Lorsqu'un passage à niveau n'est muni ni de barrières, ni de demi-barrières, ni de signal lumineux, aucun usager ne doit s'y engager sans s'être assuré qu'aucun train n'approche. Lorsqu'une traversée est gardée, l'usager de la route doit obéir aux injonctions du garde et ne pas entraver, le cas échéant, la fermeture des barrières.<br>Tout conducteur doit, à l'approche d'un train, dégager immédiatement la voie ferrée de manière à lui livrer passage. | | - caractéristiques techniques ou des conditions de circulation |
| ***Tourner à droite à une intersection/tourner à gauche*** | | | | |
| ***Demi-tour*** | | | | |
| R421-6 | - demi-tour et marche arrière | Les conducteurs ne doivent en aucun cas faire demi-tour sur une autoroute, même en traversant la bande centrale séparative des chaussées ou en empruntant une interruption de celle-ci. De même, ils ne doivent pas faire de marche arrière. | | |
| ***Entrée depuis voie d'insertion/accélération/sortie de voie/accélération*** | | | | |
| R415-3 | - sortie de route | Tout conducteur s'apprêtant à quitter une route sur sa droite doit serrer le bord droit de la chaussée.<br>Il peut toutefois emprunter la partie gauche de la chaussée lorsque le tracé du virage et les dimensions du véhicule ou de son chargement le mettent dans l'impossibilité de tenir sa droite ; il ne doit ainsi manœuvrer qu'à allure modérée, et après s'être assuré qu'il peut le faire sans danger pour autrui.<br>Il doit céder le passage aux engins de déplacement personnel motorisés, aux cycles et cyclomoteurs circulant dans les deux sens sur les pistes cyclables qui traversent la chaussée sur laquelle il va s'engager. | | - sortie de route réalisée sans danger |
| R415-4 | - sortie de route par la gauche | Tout conducteur s'apprêtant à quitter une route sur sa gauche doit serrer à gauche.<br>Lorsque la chaussée est à double sens de circulation il ne doit pas en dépasser l'axe médian. Néanmoins, lorsque cette chaussée comporte un nombre impair de voies matérialisées, il doit, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police, emprunter la voie médiane. | | (rq performantielle : gestion des insertions sur la voie prioritaire en cas de fort trafic) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Il doit céder le passage aux véhicules venant en sens inverse sur la chaussée qu'il s'apprête à quitter ainsi qu'aux engins de déplacement personnel motorisés, aux cycles et cyclomoteurs circulant dans les deux sens sur les pistes cyclables qui traversent la chaussée sur laquelle il va s'engager. | | |
| R415-8 | - insertion sur route | Hors agglomération, tout conducteur abordant une route à grande circulation et ne se trouvant pas lui-même sur une route de cette catégorie est tenu de céder le passage aux véhicules qui circulent sur la route à grande circulation. | | |
| R421-3 | - insertion depuis une bretelle d'insertion | Tout conducteur qui emprunte une bretelle de raccordement autoroutière doit céder le passage aux véhicules qui circulent sur l'autoroute. | | |
| R421-4 | - positionnement pour sortie d'autoroute | Aussitôt que, sur autoroute, une bretelle de sortie ou une bifurcation est annoncée, tout conducteur doit selon le cas :<br>1° Gagner la voie de circulation de droite ou de gauche s'il désire emprunter la bretelle de sortie ;<br>2° Gagner la voie ou l'une des voies de circulation correspondant à la branche d'autoroute dans laquelle il désire s'engager à la bifurcation.<br>L'une et l'autre de ces manœuvres doivent être achevées au plus tard au moment où le conducteur atteint les signaux placés au début de la bretelle ou de la bifurcation. | | - au plus tard, la manœuvre doit être achevée à l'atteinte des signaux placés au début de la bretelle/bifurcation |
| ***Arrêt et stationnement*** | | | | |
| ***Arrêt de TC/sortie d'arrêt*** | | | | |
| R412-11 | - sortie d'arrêt des véhicules de transport en commun | En agglomération, tout conducteur doit ralentir si nécessaire et au besoin s'arrêter pour laisser les véhicules de transport en commun quitter les arrêts signalés comme tels. | - sortie d'un véhicule de transport en commun de son arrêt | |
| ***Zone de stationnement/arrêt*** | | | | |
| R413-18 | - circulation au pas dans un parc de stationnement | Le conducteur d'un véhicule ou d'un engin qui circule dans un parc de stationnement aménagé sur un terreplein ou qui franchit un trottoir ou y circule, ne doit y rouler qu'à l'allure du pas et en | | - allure du pas<br>- constituer un danger pour les piétons<br>- toutes précautions |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | prenant toute précaution afin de ne pas constituer un danger pour les piétons. | | |
| R417-1 | - stationnement et arrêt en agglomération | En agglomération, tout véhicule à l'arrêt ou en stationnement doit être placé par rapport au sens de la circulation selon les règles suivantes :<br>1° Sur l'accotement, lorsqu'il n'est pas affecté à la circulation de catégories particulières d'usagers et si l'état du sol s'y prête ;<br>2° Pour les chaussées à double sens, sur le côté droit de celles-ci, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police ;<br>3° Pour les chaussées à sens unique, sur le côté droit ou gauche, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police. | | |
| R417-4 | - stationnement et arrêt hors agglomération | Hors agglomération, tout véhicule à l'arrêt ou en stationnement doit être placé autant que possible hors de la chaussée.<br>Lorsqu'il ne peut être placé que sur la chaussée, il doit l'être par rapport au sens de la circulation selon les règles suivantes :<br>1° Pour les chaussées à double sens, sur le côté droit de celles-ci, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police ;<br>2° Pour les chaussées à sens unique, sur le côté droit ou gauche, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police. | | |
| R417-5 | - arrêt et stationnement au niveau des passages pour piétons | L'arrêt ou le stationnement d'un véhicule empiétant sur un passage prévu à l'intention des piétons est interdit. | | |
| R417-7 | - ouverture de portière en stationnement ou à l'arrêt | Il est interdit à tout occupant d'un véhicule à l'arrêt ou en stationnement d'ouvrir une portière lorsque cette manœuvre constitue un danger pour lui-même ou les autres usagers. | | Ne concerne a priori pas la circulation du véhicule mais l'analyse de type GAME (ER de niveau système) |
| R417-9 | - stationner ou s'arrêter sans danger | Tout véhicule à l'arrêt ou en stationnement doit être placé de manière à ne pas constituer un danger pour les usagers.<br>Sont notamment considérés comme dangereux, lorsque la visibilité est insuffisante, l'arrêt et le stationnement à proximité des intersections de routes, des virages, des sommets de côte et des passages à niveau. | Sont considérés comme dangereux, le stationnement ou l'arrêt :<br>- lorsque la visibilité est insuffisante | - visibilité insuffisante |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - à proximité des intersections<br>- des virages<br>- des sommets<br>- des passages à niveau | |
| R417-10 | - stationnement ou arrêt gênant | Tout véhicule à l'arrêt ou en stationnement doit être placé de manière à gêner le moins possible la circulation.<br>Est considéré comme gênant la circulation publique l'arrêt ou le stationnement d'un véhicule :<br>Sur les emplacements réservés à l'arrêt ou au stationnement des véhicules de transport public de voyageurs, des taxis, des véhicules titulaires du label autopartage ou des véhicules affectés à un service public ; l'autorité investie du pouvoir de police peut toutefois définir par arrêté les horaires pendant lesquels le stationnement est autorisé ;<br>Entre le bord de la chaussée et une ligne continue lorsque la largeur de la voie restant libre entre cette ligne et le véhicule ne permet pas à un autre véhicule de circuler sans franchir ou chevaucher la ligne ;<br>Sur les emplacements où le véhicule empêche soit l'accès à un autre véhicule à l'arrêt ou en stationnement, soit le dégagement de ce dernier ;<br>Sur les ponts, dans les passages souterrains, tunnels et sous les passages supérieurs, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police ;<br>Sur les bandes d'arrêt d'urgence, sauf cas de nécessité absolue ;<br>Sur une voie publique spécialement désignée par arrêté de l'autorité investie du pouvoir de police municipale.<br>Est également considéré comme gênant la circulation publique le stationnement d'un véhicule :<br>Devant les entrées carrossables des immeubles riverains ;<br>En double file, sauf en ce qui concerne les engins de déplacement personnel, les cycles à deux roues, les cyclomoteurs à deux roues et les motocyclettes sans side-car ;<br>Devant les dispositifs destinés à la recharge en énergie des véhicules électriques ; | Sont considérés comme gênants, le stationnement ou l'arrêt :<br>- sur les emplacements réservés à l'arrêt/stationnement des véhicules de transport public, des taxis, des véhicules d'autopartage<br>- entre le bord de la chaussée et une ligne continue lorsque la largeur de la voie restant est insuffisante pour permettre le passage d'un autre véhicule<br>- sur les emplacements ou le véhicule empêche l'arrêt/stationnement ou le dégagement d'un véhicule<br>- sur les ponts, passages souterrains, tunnels<br>- sur les BAU<br>- devant les entrées carrossables d'immeubles<br>- en double file<br>- devant les dispositifs de recharge électriques<br>- sur les emplacements des véhicules de livraison<br>- dans les zones de rencontre<br>- dans les aires piétonnes | - gêner la circulation |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Sur les emplacements réservés à l'arrêt ou au stationnement des véhicules de livraison ; l'autorité investie du pouvoir de police peut toutefois définir par arrêté les horaires pendant lesquels le stationnement est autorisé ;<br>Dans les zones de rencontre, en dehors des emplacements aménagés à cet effet ;<br>Dans les aires piétonnes, à l'exception des engins de déplacement personnel, des cyclomobiles légers et des cycles sur les emplacements aménagés à cet effet ;<br>Au-dessus des accès signalés à des installations souterraines. | | |
| R417-11 | - stationnement ou arrêt gênant | Est considéré comme très gênant pour la circulation publique l'arrêt ou le stationnement :<br>1° D'un véhicule sur les chaussées et voies réservées à la circulation des véhicules de transport public de voyageurs, des taxis ou des véhicules d'intérêt général prioritaires ;<br>3° D'un véhicule sur les emplacements réservés aux véhicules portant une carte mobilité inclusion comportant la mention “stationnement pour personnes handicapées” ou une carte de stationnement pour personnes handicapées;<br>4° D'un véhicule sur les emplacements réservés aux véhicules de transport de fonds ou de métaux précieux ;<br>5° D'un véhicule sur les passages réservés à la circulation des piétons en traversée de chaussée ;<br>6° D'un véhicule au droit des bandes d'éveil de vigilance à l'exception de celles qui signalent le quai d'un arrêt de transport public ;<br>7° D'un véhicule à proximité des signaux lumineux de circulation ou des panneaux de signalisation lorsque son gabarit est susceptible de masquer cette signalisation à la vue des usagers de la voie ;<br>8° D'un véhicule motorisé à l'exception des engins de déplacement personnel motorisés, des cyclomobiles légers et des cycles à pédalage assisté :<br>a) Sur les trottoirs, à l'exception des motocyclettes, tricycles à moteur et cyclomoteurs ;<br>b) Sur les voies vertes à l'exception des véhicules autorisés à y circuler, les bandes et pistes cyclables ; | Sont considérés comme très gênants, le stationnement ou l’arrêt :<br>- sur les chaussées de voies réservées à la circulation des véhicules de transport public, des taxis, des véhicules d’intérêt général prioritaires<br>- sur les emplacements réservés aux personnes titulaires d’une carte « personne handicapée »<br>- sur les emplacements réservés au transport de fonds ou métaux précieux<br>- sur les passages réservés aux piétons<br>- au droit des bandes d’éveil de vigilance<br>- à proximité des signaux lumineux de circulation ou des panneaux de signalisation lorsque le gabarit du véhicule est susceptible de les masquer<br>- sur les trottoirs | - très gênant pour la circulation |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | c) Sur une distance de cinq mètres en amont des passages piétons dans le sens de la circulation, en dehors des emplacements matérialisés à cet effet ;<br>d) Au droit des bouches d'incendie. | - sur les voies vertes, bandes et pistes cyclables<br>- 5 m en amont des passages piétons dans le sens de la circulation<br>- au droit des bouches d'incendie | |
| R421-7 | - arrêt et stationnement sur chaussée/accotement | Sauf en cas de nécessité absolue, les conducteurs ne doivent pas arrêter ou stationner leur véhicule sur les chaussées et les accotements, y compris sur les bandes d'arrêt d'urgence des autoroutes. | | - en cas de nécessité absolue |

***Références***

[1] An Improved Method to Calcultate the Time-to-Collision of Two Vehicles, Jimenez et al, Springer. 2013

[2] University of Warwick. Cross-Domain Safety Assurance for Automated Transport System. 2022

[3] Test scenarios of automated driving systems – General status report, ISO experts, Informal document GRVA-16-24. 2023

[4] ISO 34501 – véhicules routiers – Scénarios d'essai pour les systèmes de conduite automatisée – Vocabulaire. 2022

[5] ISO 34502 – véhicules routiers – Scénarios d'essai pour les systèmes de conduite automatisée – Cadre d'évaluation de la sécurité basé sur des scénarios. 2022

[6] ISO 34503 – véhicules routiers – Scénarios d'essai pour les systèmes de conduite automatisée – Spécification du domaine de conception opérationnelle. 2023

[7] BSI Flex 1889 – Natural language description for abstract scenarios for automated driving systems – Specification. 2022