

LIVRABLE L2.2 - 6

Méthodologie d'identification des scénarios pertinents pour la sécurité

Version : 1.0

Date de version : 15/02/2024



Opération réalisée avec le concours des Investissements d'avenir de l'Etat confiés à l'ADEME

Informations du document

Périmètre de diffusion : Public

Type : Final

Statut : Validé COPIL

Auteurs :

Pilote(s) du livrable	Organisation	Rôle dans le projet
Manel BRINI	IRT SystemX	Pilote des tâches 2.1, 2.2 et 2.5
Emmanuel Arnoux	Renault	Expert AD/ADAS validation
Contributeurs	Organisation	Rôle dans le projet
Thierry Hermitte	Renault	Expert Sécurité Routière
Stéphane Geronimi	Stellantis	Expert ADS Safety
Florent Meurville	Valeo	Expert Safety
David Renaud	Transdev	Expert Safety
Jean-François Boulineau	RATP	Référent Safety
Azedine Lebdiri	Alstom	Référent Safety
Jean-Christophe Smal	Transdev	Expert Système de Transport Autonome
Valideurs	Organisation	Rôle dans le projet
Jean François Sencerin	PFA	Chef de projet de SAM

Table de révision :

Version	Date	Contenu de la modification
1.0	15/02/2024	Version finale pour livraison et diffusion publique

Acronymes

DCST Dossier de Conception du Système Technique (exigence loi LOM)

DPS Dossier Préliminaire de Sécurité (exigence loi LOM)

DS Dossier de Sécurité (exigence loi LOM)

LOM Loi d'Orientation des Mobilités

OICA Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles

TJC Traffic Jam Chauffeur (Système de Conduite Automatisée en Embouteillage)

VMAD Validation Method for Automated Driving Features (Groupe pré-réglementaire définissant de manière transversale les méthodes de validation de la sécurité pour l'homologation par type)

Préambule

Il est reconnu par l'écosystème mondial du véhicule autonome depuis 2017, que la validation de la sécurité des **véhicules automatisés** et des **systèmes de transport routier automatisés** se fondera notamment sur des scénarios utilisables :

- par les constructeurs, industriels, ou opérateurs pendant les phases de conception et validation, physiques ou virtuelles, et pour la démonstration de la sécurité des systèmes (dossiers de validation de la sécurité : DCST, DPS, DS, ...)
- pour la Sécurité Générale du Produit

STATE OF THE ART

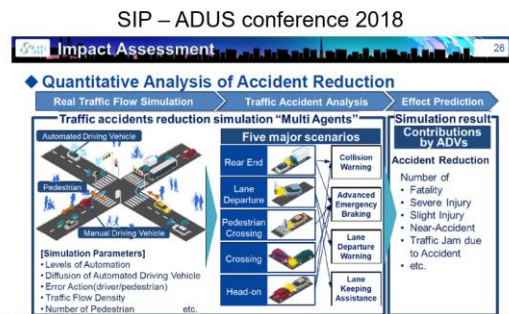
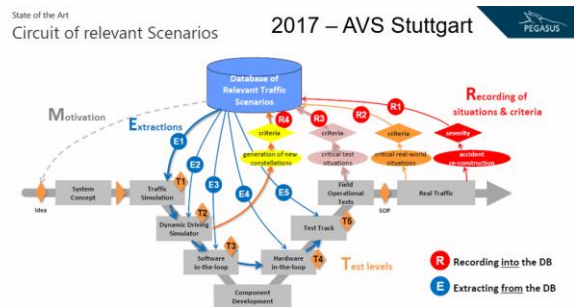
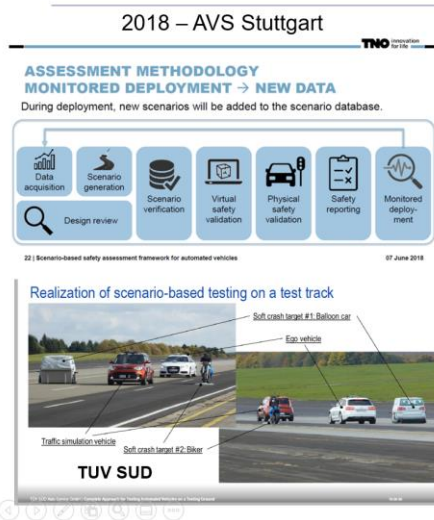


Figure 1 : Extraits de présentation collectées en 2017 & 2018, le grand début de la prise de conscience mondiale de la « scenarios based safety demonstration »

L'objectif de ce livrable est de présenter la position des partenaires du projet SAM afin de :

- définir un état de l'art pour l'industrie et les autorités
- contribuer à la définition de scénarios pour l'homologation / certification ou pour les activités de standardisation concernant la sécurité des véhicules automatisés et des systèmes de transport routier automatisés

Table des matières

Informations du document.....	2
Acronymes.....	3
Préambule.....	4
Table des illustrations	7
Introduction	8
1) Scope.....	10
1. Pourquoi parle-t-on de scénarios pertinents ?.....	10
2. Quels scénarios sont pertinents pour la « <i>safety</i> » ?.....	10
3. Comment définir un taux de couverture ?.....	11
2) Objectifs de capitalisation des scénarios pertinents pour la sécurité	13
a. Les scénarios nominaux	13
b. Les scénarios issus des études d’analyses de risques	14
c. Scénarios issus de roulage	14
d. Scénarios d’accidents	15
e. Scénarios ... autres	16
f. Conclusion	16
3) Scénarios nominaux	17
a. Méthode de définition des scénarios	17
b. Nommage des scénarios	18
c. Spécificités aux scénarios sur voies à chaussées séparées	18
d. Roulage dans la voie.....	18
e. Insertion devant ego véhicule.....	19
f. Changement de voie du véhicule précédent	20
g. Traversée de voie	20
h. Changement de voie	21
i. Les Usagers Vulnérables de la Route ou Animaux dans les scénarios nominaux.....	21
j. Franchissement de Giratoire & rond-point.....	22
k. Franchissement d’une intersection.....	23
l. Franchissement d’un Passage à niveau.....	25
m. Suppression / Création de voie, y.c. bretelles d’accès et de sortie	26

n.	Zone d'arrêt de Transports en Commun.....	27
o.	Zone de travaux ou d'accident.....	28
p.	Conclusion	28
4)	Scénarios d'accidents.....	29
a.	Scénarios d'accidents sur voies à chaussées séparées (donnés à titre illustratifs)	29
b.	Scénarios d'accidents tout type de route (donnés à titre illustratifs)	31
c.	Conclusion	34
5)	Conclusion	35
	Références.....	37
	Annexe 1 - VOIESUR.....	38
	Annexe 2 – TOP10 des configurations d'accidents les plus mortelles	39
	Annexe 3 – Illustrations de scénarios nominaux STRA.....	41
1.	Circulation dans sa voie.....	41
2.	Changement de voie	42

Table des illustrations

Figure 1 : Extraits de présentations collectées en 2017 & 2018, le grand début de la prise de conscience mondiale de la « scenarios based safety demonstration »	4
Figure 2 : Position Technique Française[2] : Sécurité des Véhicules Autonomes, mars 2019.	8
Figure 3 : Exemples de « scénarios rares » ou « corner cases » : éblouissement, perturbation électromagnétique, cerf traversant la chaussée, objet non identifié sur la chaussée, chutes de neige dense... ..	8
Figure 4 : Approche d’homologation / vérification dite multi-piliers.....	9
Figure 5 : Les types de scénarios par fréquence ou occurrence.....	12
Figure 6 : Les chiffres donnés dans ce tableau sont pour les systèmes de conduite automatisés circulant sur voies à chaussées séparées (e.g. TJC/HWC), avec l’hypothèse que la vitesse moyenne sur ce type de route est de 100 km/h.....	13
Figure 7 - Accident de véhicule L2 aux Etats-Unis.....	19
Figure 8 - Situations rares liées à la présences d'objets ou individus sur la chaussée	22
Figure 9 – Scénarios lors d’un franchissement de giratoire et rond-point.....	23
Figure 10 – Exemples de scénarios lors du franchissement d’une intersection en T.....	24
Figure 11 – Exemples de scénarios lors du franchissement d’une intersection en X avec feux tricolores	25
Figure 10 - Zones de travaux.....	28
Figure 13 - TOP10 des configurations d’accident issues du projet VOIESUR et collectées sur l’année 2011	31
Figure 14 - TOP10 des configurations d’accident issues du projet VOIESUR et collectées sur l’année 2011	33
Figure 15 : Top 10 des configurations d’accidents routiers les plus mortelles impliquant au moins un véhicule particulier (VP) sur voies à chaussées séparées. (Source VOIESUR).....	39

Introduction

La conception et la validation des systèmes de délégation de conduite fait appel à des scénarios qui permettent soit de décrire le système à concevoir et de le spécifier, soit de vérifier que le système automatisé conçu réponde bien aux exigences de conception, ou de valider le système automatisé et notamment sa sécurité.

L'approche par scénarios est apparue comme une évidence car la définition du système passe par la définition de scénarios opérationnels, pour une bonne compréhension du fonctionnement du système par l'ensemble des parties prenantes, et car aussi l'amélioration de la sécurité routière (exigence demandée par les autorités dès lors que la tâche et le contrôle dynamique de conduite est déléguée), passe principalement par la maîtrise de la sécurité de la fonction attendue / sécurité opérationnelle (ISO PAS 21448 – SOTIF), la fixation d'objectifs qualitatifs et quantitatifs et la capitalisation des scénarios pertinents, comme le rappelle la figure 1 :

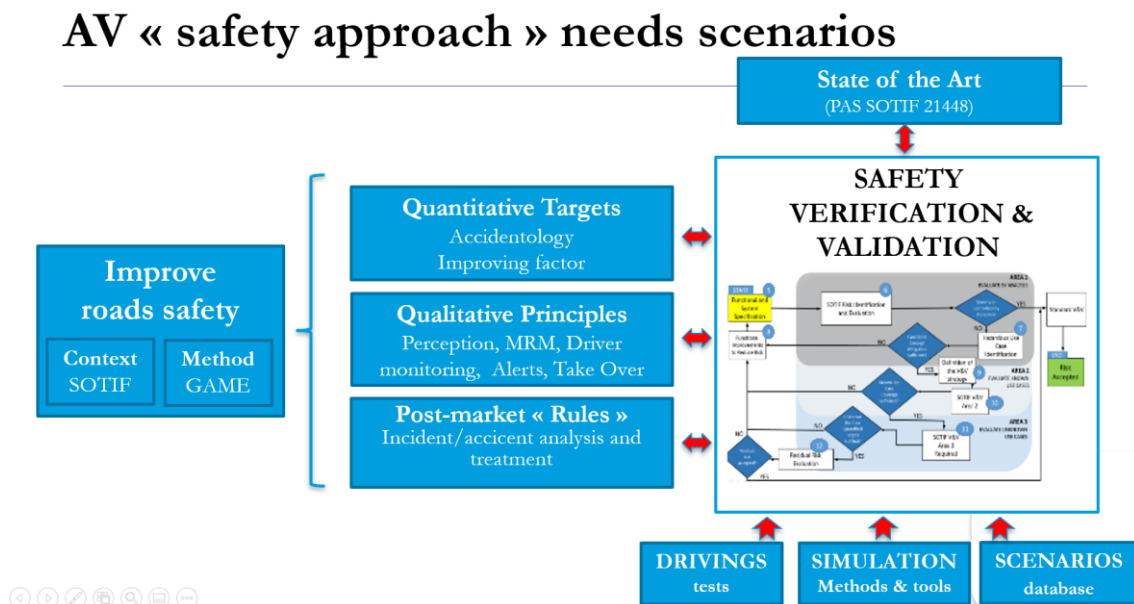


Figure 2 : Position Technique Française[2] : Sécurité des Véhicules Autonomes, mars 2019.

En outre, avec l'arrivée du SOTIF, et des premiers cas d'accident mortels en véhicule autonome de niveau 2, il est aussi devenu indispensable de capitaliser les scénarios décrivant les situations potentiellement ou avérées dangereuses déjà rencontrés, avant et après commercialisation quel que soit le niveau d'autonomie du système développé. Ces cas sont appelés en anglais souvent « corner case », « edge case » ou « golden case » ou encore « critical scenarios », et en français « scénarios rares » ou « scénarios critiques ». Des illustrations en sont donnés en figure 2. Il n'y a pas encore de définition bien normalisée à ce jour.



Figure 3 : Exemples de « scénarios rares » ou « corner cases » : éblouissement, perturbation électro-magnétique, cerf traversant la chaussée, objet non identifié sur la chaussée, chutes de neige dense...

Certaines de ces situations sont déjà connues, d'autres moins voire pas, et elles ne sont pas toutes pertinentes pour un système donné. Il faudra démontrer le bon fonctionnement du système dans ces situations, soit par le numérique soit par des essais physiques. Ces situations seront mises en scènes en forme de scénarios et capitalisées dans des catalogues ou bibliothèques de scénarios.

Cette méthodologie, d'indentification des scénarios, de collecte, et de traitement sécuritaire, est en voie d'apparaître dans l'homologation ou la certification des systèmes automatisés comme l'illustre la figure suivante :

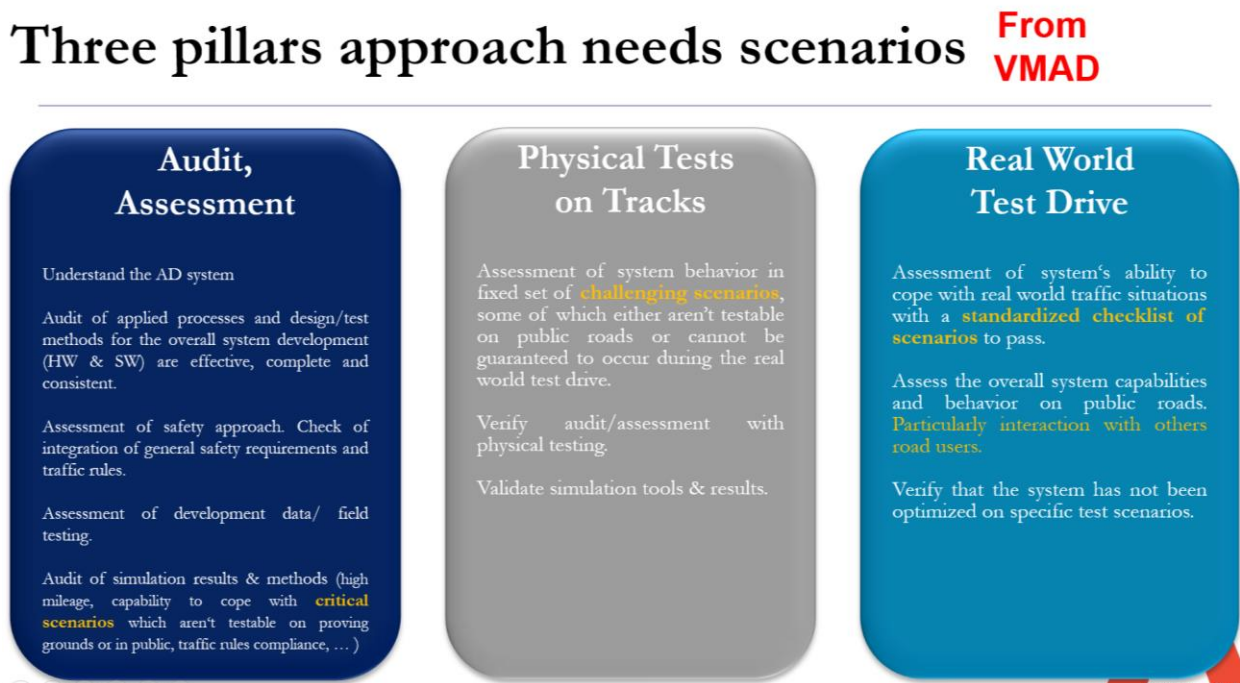


Figure 4 : Approche d'homologation / vérification dite multi-piliers

Enfin, pour qu'une bibliothèque de scénarios soit recevable pour l'homologation ou la certification, elle devrait selon les membres du projet SAM (NDR : c'est déjà aujourd'hui une position PFA présentée à plusieurs reprises, devenue l'état de l'art, lors des « *International AD Experts Workshop*») respecter un certain nombre d'exigences, et pas uniquement concernant les scénarios qu'elle contient. Nous garderons cet ultime point pour la conclusion et les perspectives.

1) Scope

L'objectif de ce chapitre est de répondre à deux questions :

- **Qu'est-ce qu'un scénario pertinent ?**
- **Quels scénarios sont pertinents ?**

1. Pourquoi parle-t-on de scénarios pertinents ?

La notion de pertinence est relative. Rien n'est pas pertinent dans l'absolu mais vis-à-vis de quelque chose. Le jugement de la pertinence d'un scénario est relatif à son utilisation ou son exploitation. Le dictionnaire de l'Académie Française donne la définition suivante :

Pertinent : Qui se rapporte à la question. Qui convient parfaitement à son objet. Raisons pertinentes. Remarque, critique pertinente. DROIT. Qui se rapporte exactement à la question, au fond de la cause. Moyens pertinents et admissibles. Faits, articles pertinents.

Pour être précis il faudrait donc dire que les scénarios qu'il faut collecter, capitaliser et considérer sont les « scénarios pertinents pour la "safety" de la fonction », car un scénario pertinent pour la « safety » peut être non pertinent pour le confort. Ce sont donc des scénarios mettant en évidence un risque « safety » ou intervenant dans la définition ou le dimensionnement d'une barrière « safety », d'une mesure de réduction des risques (MRR). Ces scénarios sont utilisables dès la phase de conception et jusqu'aux phases de validation et d'homologation. Un processus doit être mis en place après mise en service du système, comme demandé par la réglementation R157[4], la loi LOM[3], ou la position PFA sur la sécurité des VA[1], pour continuer à capitaliser les scénarios pertinents et améliorer continuellement le système automatisé.

2. Quels scénarios sont pertinents pour la « safety » ?

Certains scénarios sont reconnus comme pertinents pour la sûreté de fonctionnement, et sont étudiés et utilisés depuis longtemps : les scénarios d'accidents. Dans le domaine automobile, c'est pour cela que le Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique (LAB) a été créé dès 1956 ! Ce sont déjà ces scénarios d'accident qui sont considérés par des organismes comme le NCAP (de l'anglais « *New Car Assessment Program* ») et qui ont permis de grandes avancées en sécurité routière à travers la planète.

Les équipes de sécurité fonctionnelle des sociétés établissent aussi des listes de scénarios dangereux pour satisfaire aux normes IEC 61508, EN 50126, ou ISO 26262 et intégrer dès la conception des systèmes automatisés la gestion des défaillances des composants et systèmes électroniques.

Depuis le début de la conception des systèmes d'aides à la conduite (ADAS) actives (e.g. ACC, AEB, TJA) des campagnes de roulages de plus grande ampleur ont été mises en place pour détecter des scénarios pertinents pour la conception et la validation des fonctions de perception, et de décision, parce que ces scénarios s'avéraient beaucoup plus nombreux et qu'ils ne sont pas nécessairement connus des experts de la sûreté de fonctionnement. C'est pour capitaliser ces bonnes pratiques que la norme SOTIF (" *Safety Of The Intended*

Functionality) a été pensée et que l'on a depuis 2019, l'ISO PAS 21448, qui demande de mettre en place un processus de réduction des scénarios potentiellement dangereux et non connus (AREA3) en mettant en place les moyens de les identifier, en plus de capitaliser les scénarios potentiellement dangereux connus (AREA2). Cette norme introduit la notion de critère d'arrêt de la validation qui induit de fait la notion de couverture par l'utilisation de base de scénarios qui peut être liée à l'objectif quantitatif de sécurité défini dans un autre livrable de la tâche.

C'est pour satisfaire à ces deux normes (ISO26262 et ISO 21448) et au niveau élevé de sécurité demandé pour les systèmes de conduite automatisés que le projet SAM propose d'ajouter aux méthodes inductives et déductives classiques, une méthode d'analyse de sécurité de parcours et d'ODD, ainsi que des roulages afin de capitaliser l'ensemble des scénarios pertinents et de valider le fonctionnement sûr des systèmes automatisés dans leur ODD et sur leur parcours ou zone prédéfinis.

3. Comment définir un taux de couverture ?

L'objectif de ce paragraphe est de donner les moyens de définir une métrique pour démontrer que la base de scénarios pertinents considérée couvre bien l'ensemble des risques identifiés. La manière de définir le taux de couverture et les scénarios dépendront du système, et notamment son ODD et son OEDR, mais aussi de l'approche sûreté de fonctionnement et des barrières sécuritaires ou mesures de réduction des risques retenues. Notre approche sécuritaire demande pour avoir une couverture suffisante à collecter les scénarios d'accident, les scénarios rares (potentiellement dangereux des AREA2 et AREA3 du SOTIF, issus soit d'études des experts « *safety* », soit issus des roulages), et les scénarios nominaux.

Le système doit satisfaire aux exigences suivantes et donc le taux de couverture devra couvrir les exigences suivantes :

- Garantir un niveau global de sécurité au moins équivalent à des systèmes assurant des services comparables
- Reconnaître son domaine de conception fonctionnelle (en anglais « Operational Design Domain » – ODD)
- Ne s'activer que dans son domaine de conception fonctionnelle (ODD), et dans ce dernier uniquement
- Eviter ou atténuer les accidents pouvant résulter de situations raisonnablement prévisibles
- Détecter ses défaillances et toute sortie imminente du domaine d'emploi, et en informer les personnes appropriées : le conducteur, l'exploitant, l'intervenant à distance, ...
- Exécuter les manœuvres à risque minimal ou d'urgence, le cas échéant.

La couverture comprend alors **l'ensemble des attributs de l'ODD**, i.e. des notions de zones géographique, d'infrastructures physiques routières (e.g. voie à chaussées séparées, rond-point) mais aussi numérique (e.g. feux connectés, carte numérique éventuellement haute définition du parcours, PCC) , de condition d'opération mais aussi temporelle (e.g. soleil rasant, printemps, été, automne, hiver), climatiques, mais aussi des acteurs ou objets à rencontrer (piéton sur autoroute, forces de l'ordre dirigeant le trafic en ville, etc ...). La base de

scénarios doit aussi **couvrir l'ensemble des objets, événements et réponses de l'OEDR** (et notamment aux scénarios d'accident dans et à la frontière de l'ODD, et scénarios nominaux dans l'ODD) ou des **barrières sécuritaire ou mesures de réduction des risques retenues**, pour expliquer comment les risques sont traités et ainsi démontrer la sécurité du système. C'est d'ailleurs une exigence quasi explicite du décret d'application de loi LOM – article 31.

Enfin, l'objectif quantitatif de sécurité, servira de critère d'arrêt des validations, et d'affirmer, que l'ensemble des scénarios raisonnablement prévisibles (comme le dit le « WP29 AD Framework document [3] ») et donc pertinents à considérer pour la « safety » sont réunis. Or, selon leur occurrence, la durée d'observation retenue pour les collecter peut-être plus ou moins longue comme l'indique la figure suivante :

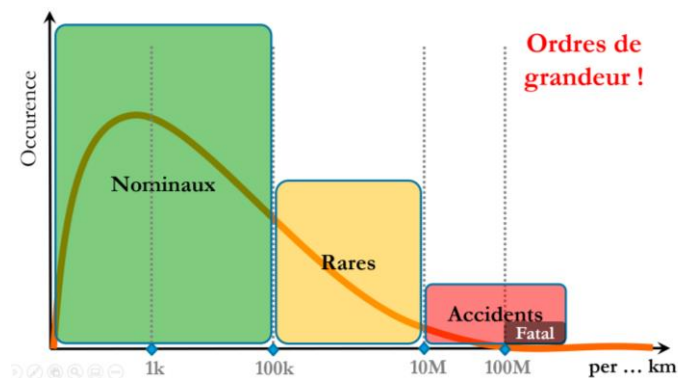


Figure 5 : Les types de scénarios par fréquence ou occurrence.

La notion de **couverture recouvre donc aussi une notion de durée d'observation du trafic routier pour identifier l'ensemble des scénarios raisonnablement prévisibles**, car autant certains scénarios sont très fréquents, comme le changement de file, et leur taux d'occurrence et de au moins 1 par minute, autant certains scénarios sont excessivement rares, comme les scénarios d'accidents. On déplore 1 accident mortel pour 100 millions de km roulés.

Le tableau ci-dessous a pour vocation d'indiquer que les bases de données que nous avons considérées comme pertinentes sont « suffisantes » pour décrire les scénarios pertinents à considérer. Le critère retenu est la durée d'observation. **Nous considérons avoir des bases de scénarios suffisamment couvrantes par rapport aux phénomènes et aux risques associés, étant donnée les durées d'observation et d'acquisition des phénomènes pertinents considérés. Pour les bases de données que nous considérons, la période d'observation est au-moins cent fois plus grande que le temps moyen entre deux événements.** Selon les études de RAND Corp (cf. Kalra, N. and Paddock, S.M., *Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?* RAND Corporation, 2016), cela permettrait d'obtenir un taux de confiance de 95%, une puissance de test de 80%, et une amélioration de 20% par rapport à une conduite manuelle.

	Occurrence /h des phénomènes (RETEX observé)	Calcul de la durée d'observation pour être couvrant	Projet / Base de données (information disponible)	Entités responsables
Accidents*	10^{-6} 10^{-7} (fatal)	10^9 h (100 Bkm)	VOIESUR 1 year ~ 90Bkm	CEESAR LAB
Incidents	10^{-2}	10^4 h (1M km)	MOOVE 2.10 ⁴ h ~ 1 Mkm	VEDECOM
Nominaux	10^1 to 10^2	10 h (1k km)		

Figure 6 : Les chiffres donnés dans ce tableau sont pour les systèmes de conduite automatisés circulant sur voies à chaussées séparées (e.g. TJC/HWC), avec l'hypothèse que la vitesse moyenne sur ce type de route est de 100 km/h

***Nota Bene :** Les accidents sont ceux émanant de la conduite manuelle, et ne seront pas forcément occurs en conduite automatisées.

Les premiers chapitres de ce document nous ont permis de circonscrire les scénarios pertinents, quels étaient leurs types (Accidents, Rares, Nominaux, Expertise), dans quel périmètre les collecter (dans et à la limite de l'ODD et du parcours ou de la zone prédéfinis, les réponses de l'OEDR), et sur quelle durée. Le chapitre suivant rentrera dans plus de détails sur les critères pour les collecter et les capitaliser.

2) Objectifs de capitalisation des scénarios pertinents pour la sécurité

L'objectif de cette section est de recenser l'ensemble des scénarios pertinents à capitaliser le long de la démarche de conception et validation.

a. Les scénarios nominaux

Ce sont les scénarios aujourd'hui issus de la démarche de conception d'ingénierie des systèmes utilisés pour décrire les cas d'usage ou vue opérationnelle du système. Ils permettent de décrire de manière visuelle simple et compréhensible pour tout le comportement du système dans et à la limite de son ODD (Domaine de Conception Fonctionnelle, ou Domaine D'Opération) ou de son parcours ou sa zone prédéfinis

Ces scénarios permettent de décrire pour les dossiers réglementaires les manœuvres :

- en circulation nominale
- éligibles à une intervention à distance
- à risque minimal (MRM), et d'urgence (EM),

- en réponse aux injonctions des forces de l'ordre et à l'approche d'un véhicule d'intérêt général ou d'un transport exceptionnel et de ses véhicules d'accompagnement

Ces scénarios nominaux comprennent aussi la liste des scénarios prouvant que le système automatisé qui contrôle la tâche de conduite dynamique **respecte le code de la route dans son ODD**. Ils sont très fréquents et a priori de faible niveau de risque, c'est en partie pour cela que nous avons choisi au global le vocable scénarios pertinents pour signifier les scénarios à capitaliser et non pas scénarios critiques (au sens dangereux) comme certains le disent. Car tous les scénarios à considérer ne sont pas « critiques ».

b. Les scénarios issus des études d'analyses de risques

Pour couvrir les risques de défaillances et d'insuffisances fonctionnelles, respectivement les normes ISO 26262, et ISO PAS 21448 (dite SOTIF) sont prises en référence. Pour couvrir complètement le recensement, et le traitement des scénarios dangereux connus demandés par l'area 2 de l'ISO 21448, les scénarios d'accident dans et à la limite de l'ODD seront collectés. L'ISO 21448 demande aussi de mettre en place un processus de détection, capitalisation, et traitement des scénarios potentiellement dangereux non connus à la conception du système. Le processus à l'état de l'art pour ce type de scénarios est de réaliser des campagnes de roulages afin de détecter ces scénarios rares, appelés « *corner case* », « *edge cases* » ou « *golden cases* » en anglais

C'est pourquoi les membres du consortium SAM, sont convenus d'utiliser une troisième méthode d'analyses de risques en plus des méthodes dites inductives et déductives, à savoir l'analyse de sécurité de parcours ou d'ODD, pour identifier de manière exhaustive de nouveaux scénarios potentiellement dangereux particulièrement lié à un contexte de conduite. L'analyse de sécurité de parcours ou d'ODD qui est une nouveauté spécialement pour identifier des nouveaux types de scénarios et de risques liés à l'AREA 3 du SOTIF. Cette étude théorique est complétée par des roulages dans le contexte opérationnel retenu, permettant de la valider et de la robustifier le cas échéant quand de nouveaux scénarios rares jusqu'alors inconnus sont détectés et analysés.

Le processus de validation (i.e. de démonstration de sécurité, et de collecte et traitements de nouveaux scénarios pertinents) permettant la commercialisation ou la mise en service du système se terminant par l'atteinte de l'objectif quantitatif de sécurité de haut niveau [2], à savoir que le niveau global de sécurité est au moins équivalent à des systèmes assurant des services comparables.

c. Scénarios issus de roulage

Lors des roulages deux types d'informations sont collectées. Tout d'abord pour les **Scénarios nominaux**, définis lors de la conception (définis par la PFA pour les systèmes de conduite automatisés sur voies à chaussées séparées, et dans les descriptions d'expérimentation pour les STRA), les roulages et expérimentations permettent d'ajuster les occurrences et autres paramètres caractéristiques de ces scénarios.

Les roulages permettent aussi de détecter des **Scénarios rares**, caractérisés par :

- Une situation jugée dangereuse ou potentiellement dangereuse par les conducteurs experts (ayant demandé une reprise en main ou non, car la situation peut-être sur une voie éloignée du véhicule, mais jugée pertinente à capitaliser)
 - o e.g. cycliste sur la voie, échelle tombée d'un camion, piéton sur l'autoroute
 - o e.g. chaussée inondée, soleil rasant éblouissant
- Toute situation ayant abouti à une reprise en main rapide, à une MRM, ou une EM (c'est d'ailleurs une exigence du règlement R157(ALKS), et de la loi LOM)
 - o e.g. véhicule se rabattant violemment sur l'égo véhicule, toute défaillance, ...

d. Scénarios d'accidents

Les entités présentant un système automatisé à la commercialisation ou sa mise en service sont encouragées (comme dirait la NHTSA) à disposer d'un processus documenté d'évaluation, de test et de validation de leurs capacités d'évitement des accidents de la route et de leurs choix de conception. En s'appuyant sur son ODD ou parcours ou zone prédéfinis de circulation, un ADS doit être en mesure de traiter les scénarios d'accidents raisonnablement prévisibles quelles qu'en soient leurs causes.

Les scénarios d'accident collectés peuvent l'être du niveau fonctionnel au niveau concret. Souvent les scénarios collectés sont décrits plutôt de manières fonctionnelles (e.g. NHTSA, ASFA) avec peu d'informations, et il est possible d'en déduire des scénarios logiques et concrets. Il est recommandé lorsque cela est possible de s'appuyer sur des travaux existants et reconnus de s'appuyer sur des scénarios concrets d'accident (e.g. base VOIESUR en France), la force de la preuve étant beaucoup plus forte. Il faudra alors pour la lisibilité et la comparaison les abstraire en scénarios logiques et fonctionnels. Lisibilité et Comparaison sont deux notions importantes, car la première permet une meilleure et plus rapide compréhension des scénarios en présence, et la seconde permettra la comparaison des différentes bibliothèques de scénarios.

Remarques :

1 - D'une région à l'autre de la planète, ou en fonction du temps, les scénarios seront différents pour un même système. Lors d'une réunion PFA / JAMA nos collègues japonais ont été surpris de certains types de scénarios pertinents pour nous français :

- Scénarios spécifiques avec motorcycle : Une moto au Japon est un véhicule comme les autres.
- Scénarios avec piéton sur l'autoroute : Au Japon, un piéton n'a rien à faire sur la route et tout le monde comprendra qu'un véhicule autonome ne traite pas ce cas-là, et en cas d'accident, c'est même le piéton qui sera en tort.

2 – Certains systèmes automatisés vont circuler dans des zones ou sur des parcours pour lesquelles il n'existe pas de scénarios d'accident pertinents à considérer, citons par exemple, des voies de chemin de fer

reconverties en voies dédiées pour véhicules autonomes ou des systèmes de transport automatisés dans des sites privés au service du personne. La position des partenaires SAM est de considérer les scénarios pertinents liés aux risques identifiés lors des 3 analyses de risques préconisées, se jouant sur des infrastructures routières identiques et faisant intervenir les mêmes types d'acteurs.

e. Scénarios ... autres

À ces scénarios s'ajoutent des listes de scénarios définis par des référentiels réglementaire (e.g. R157) ou normatifs (ISO 3450X) ou des scénarios définis spécifiquement pour des zones géographiques particulières. La NHTSA pour les USA a demandé à présenter comment étaient traités ces « *precrash scenarios* », le Japon a défini des scénarios spécifiques à respecter dans son pays dans le cadre du projet SAKURA, de même que Singapour.

f. Conclusion

Ces scénarios permettent de démontrer l'application d'une démarche de conception de système sûr par conception (« *safe by design* »), et de démontrer l'atteinte des objectifs de sécurité demandés dans l'article 31 de la loi LOM :

- Reconnaissance du domaine d'emploi
- Activation uniquement dans le domaine d'emploi
- Détection des défaillances et de la sortie du domaine d'emploi, et information de l'exploitant et de l'intervenant à distance.
- Evitement des accidents pouvant résulter de situations raisonnablement prévisibles dans son domaine de conception technique du système ;
- Exécution des manœuvres à risque minimal ou d'urgence

Ces scénarios permettent aussi de démontrer l'atteinte des objectifs de sécurité demandés par le WP29 AD Framework document [3] pour l'ensemble des systèmes de conduite automatisés, et qui sont :

- Le système ne doit être activé que dans son ODD.
- Le système doit respecter toutes les règles et codes de conduite en vigueur
- Dans l'ODD, le système ne doit jamais être cause d'un accident raisonnablement prévisible et évitable.

3) Scénarios nominaux

Ce chapitre propose des scénarios nominaux, à considérer ou non suivant le système de conduite automatisé, retenus par les partenaires du projets SAM, et soit en provenance de la réglementation (UN R157), du guide méthodologique de l'administration française [5] concernant l'approche par scénarios, ou en provenance des projets allemands PEGASUS ou japonais SAKURA.

a. Méthode de définition des scénarios

Afin de se conformer aux activités en cours dans la norme ISO 34502, on dissocie pour la définition des scénarios trois éléments distincts :

- Les mouvements (manœuvres) des acteurs (véhicules, piétons, ...)
- Les infrastructure routière (section courante, Voie d'insertion, Voie de sortie, Fin de voie, Création de voie, Péage, infrastructures temporaires, ...)
- Les conditions environnementales ou climatiques (heure de la journée, ensoleillement ou précipitations, etc ...)

Dans la suite de ce document, les partenaires ont retenu pour chercher à être couvrant par rapport à l'ensemble des situations de conduite pouvant être rencontrées, de définir les scénarios fonctionnels par rapport :

- aux mouvements des acteurs environnants l'égo véhicule, et de certains acteurs particuliers (comme le suggèrent le règlement UN R157 ou les normes 3450X) comme les deux roues motorisés ou les piétons, et
- à des infrastructures spécifiques.
- Les conditions environnementales sont prises en compte dans l'ensemble des scénarios fonctionnels précédents comment des variations.

En France, le document méthodologique sur l'approche par scénarios publié par la DGITM [5] fait des propositions mises en exergue et demande notamment pour chaque scénario fonctionnel de traiter les cas :

- Ligne droite et visibilité nominale
- Rayon de courbure et visibilité aux limites de l'ODD, véhicule, et système ou signalisation dégradée

Par "véhicule", on entendra dans la suite : Véhicule Léger, Poids Lourds, et 2 Roues Motorisé.

Enfin, les profils routiers pourront inclure les "côtes", "pentes", "sommets", et "bas de côte".

b. Nommage des scénarios

Nous avons repris le plus souvent le nom du scénario fonctionnel le plus courant dans la littérature, comme il n'existe pas de règle de nommage des scénarios. Le nom vient soit de l'infrastructure routière spécifique au scénario, ou d'un événement du trafic routier.

c. Spécificités aux scénarios sur voies à chaussées séparées

Nous considérons les caractéristiques suivantes pour ce type d'infrastructure routière :

- Voies à chaussées séparées
 - Pas de trafic en sens contraire sur la chaussée
 - Séparation physique et élevée des chaussées
- Séparation de l'environnement (grillage)
- Voies à accès contrôlé et limité
 - Pas de piéton ou de cycliste (en théorie)
 - à péage ou non (e.g. en Bretagne)
- Pas d'intersection à niveau
- Vitesses maximales autorisées : 70 à 130 km/h

Ce qui correspond aux règles de conception des autoroutes et voies express en France.

d. Roulage dans la voie

Voici tout d'abord la définition des scénarios fonctionnels :

Suivi de lignes : Ego véhicule avance dans sa voie de circulation sans véhicule le précédent (en tout cas pas à portée de vue par le conducteur, ou de capteur pour un système de délégation de conduite)

Suivi de Véhicule : Ego véhicule avance dans sa voie de circulation. Un véhicule l'y précède.

Lane Following: Free in lane driving without a preceding vehicle (in the sensor range, or in visibility) in the lane in front of ego vehicle.

Target Following: In lane driving with a preceding vehicle in the lane in front of ego vehicle taken into account for velocity and distance adaptation.

Ces scénarios fonctionnels permettent de démontrer le fonctionnement des systèmes lors des manœuvres tactiques « Suivre sa voie de circulation », « Suivre le véhicule précédent », et « Centrage dans la voie / Décentrage dans la voie ». Les scénarios logiques complémentaires suivants sont considérés pertinents :

- **Modification de vitesse maximale réglementaire** (Au passage d'un panneau de limitation ou de fin de limitation de vitesse), en anglais : « *Speed Limit change* »
- **Depuis l'arrêt, décollage du véhicule précédent**, en anglais : « *Preceding vehicle stopped and start driving* »

- **Freinage Fort du véhicule précédent**, en anglais : « Preceding vehicle brakes at very high level » ($6m/s^2$ dans le document de la DGITM [5])
- **Freinage du véhicule précédent jusqu'à l'arrêt**, en anglais : « Preceding vehicle & ego Vehicle are driving and stop until standstill »
- **Arrivée sur une queue de bouchon**, en anglais : « Decelerating behind a congestion »
- **Véhicule suiveur plus rapide**, en anglais : "Rear vehicle faster than ego vehicle"
- **Croisement de véhicule** (scénarios est spécifiques aux voies à double sens de circulation)
 - o Avec empiètement de 30 cm
 - o Avec embardées du véhicule de sens opposé < 30 cm
- **Véhicule à contre sens**
 - o *A vitesse maximale autorisée (comportement infractionniste)*
- **Objet inerte empiétant ou obstruant sur la voie du véhicule ego**
 - o Objet inerte empiétant sur la voie de hauteur inférieure à la garde au sol du véhicule
 - o Objet inerte empiétant sur la voie, de hauteur supérieure à la garde au sol du véhicule
 - o Différents scénarios d'empiètement (de 30cm à la totalité de la largeur de la voie)
- Dépassement par égo véhicule d'un **véhicule (y.c. véhicule d'urgence) arrêté** sur la voie adjacente (y.c. B.A.U.), **empiétant** sur la voie de l'égo véhicule



Figure 7 - Accident de véhicule L2 aux Etats-Unis

e. Insertion devant égo véhicule

Définition du scénario fonctionnel :

Insertion devant égo véhicule : Un véhicule d'une voie adjacente, change de file pour devenir le véhicule le plus proche de l'égo dans sa voie, devant ou derrière.

Cut-in : A vehicle from an adjacent lane, moves to the ego vehicle lane, and becomes the closest vehicle in the lane, in front, or behind.

Pour définir les scénarios logiques associés, nous différencions les insertions devant et derrière, en provenance de la voie de droite ou de la voie de gauche, proches (Temps Inter-Véhicule $\leq 3,5$ s) ou éloignées (TIV $> 3,5$ s), valeurs de TIV données à titre illustratif, normales ou agressives (vitesse $\sim 1m/s$ ou accélération latérale importante $> 2m/s^2$), ou le cut-in peut juste être une tentative abandonnée.

Le temps de réaction d'un conducteur humain dans les meilleures conditions est de 1 seconde. C'est pourquoi des scénarios présentant un TTC (Time to Collision) en fin d'insertion inférieur à 1s en cas d'inaction de tout système seront tout particulièrement intéressants à considérer.

Some cut-in characteristics allowing to derive logical scenarios can be: front / behind, left / right , far (TIV > 3,5s) / close , normal / aggressive (depending on lateral speed or acceleration, aborted).

f. Changement de voie du véhicule précédent

Définition du scénario fonctionnel :

Changement de voie du véhicule précédent l'égo-véhicule : Le premier véhicule devant l'égo véhicule, dans sa voie de circulation, change de voie de circulation.

Cut-out : The first in lane preceding vehicle, in front of ego vehicle, changes to an adjacent lane.

Pour définir les scénarios logiques associées, nous différencions les changements vers la voie de droite ou vers la voie de gauche, les changements de file lent ou agressif, ainsi que les :

- **Changement de voie du véhicule précédent sans nouveau véhicule précédent** dans la voie
- **Changement de voie du véhicule précédent avec nouveau véhicule précédent** dans la voie
 - o nouveau véhicule précédent plus lent
 - o nouveau véhicule précédent arrêté
- **Tentative de changement de voie du véhicule précédent** : le véhicule précédent commence un changement de file, mais rapidement revient dans la voie de l'égo véhicule.

Some cut-out characteristics allowing to derive logical scenarios can be: left/right, normal / aggressive

- **cut-out aborted**: the preceding vehicle rapidly come back in front of ego vehicle,
- **cut-out & no vehicle in front**,
- **cut-out & new preceding vehicle** (often with a lower speed or a stopped vehicle),

g. Traversée de voie

Définition du scénario fonctionnel :

Traversée de voie : Scénarios au cours desquels un véhicule d'une voie adjacente coupe notre voie de circulation pour rejoindre une voie adjacente de l'autre côté de notre véhicule.

Cut-through : While ego vehicle driving in lane with or without a preceding vehicle, a surrounding vehicle from an adjacent lane cut-in ego vehicle lane and without stopping cut-out to the adjacent lane on the other side of ego vehicle.

h. Changement de voie

Définition du scénario fonctionnel :

Changement de voie du véhicule ego pour une voie adjacente **Lane change** of ego vehicle to an adjacent lane

Ce scénario fonctionnel comprend les scénarios de changement de voie pour dépassement d'un véhicule précédent plus lent, ou pour changer d'itinéraire.

- Changement de voie avec un véhicule arrivant par l'arrière sur la voie envisagée
 - o Prise en compte des différents cas de vitesse, tels que les cas de vitesse excessive par rapport à la vitesse maximale autorisée
- Changement de voie avec un 2 RM en remontée de file avec un différentiel de vitesse > 50 km/h.
- Changement de voie avec un véhicule sur la voie adjacente freinant avec une décélération de 6m/s²
- Changement de voie en anticipation du rabattement sur un convergent (par la droite ou par la gauche)
- Changement de voie en anticipation du changement de file en vue de divergent (tourner à droite ou à gauche)
- Changement de voie concomitant (2 acteurs de voies différentes qui visent la même voie cible).

Remarque : il est attendu des systèmes de délégation de conduite les comportements suivants :

- aucun dépassement ne peut être engagé si les conditions de visibilité sur la totalité du créneau de dépassement ne peuvent être réalisées (en virage par exemple) et dans le respect de l'ODD.

i. Les Usagers Vulnérables de la Route ou Animaux dans les scénarios nominaux

Définition du scénario fonctionnel :

Piéton ou Animaux sur la chaussée : Famille des scénarios spécifiques à la présence de piétons ou d'animaux sur les routes :

- Piéton ou Animal marchant, allongé, statique, sur la voie de circulation de l'égo véhicule
- Piéton ou Animal marchant à proximité de l'égo véhicule
- Piéton ou Animal marchant sur la bande d'arrêt d'urgence
- Piéton ou Animal traversant sur la voie de circulation de l'égo véhicule
- Voies bloquées par des forces de l'ordre

Pedestrians or Animals on the road : Functional scenarios specific to pedestrians or animals, including :

- Pedestrian or Animal walking/ laying/ standing in ego vehicle lane
- Pedestrian or Animal walking close to ego vehicle
- Pedestrian or Animal walking on emergency lane
- Pedestrian or Animal crossing the ego lane
- Several lanes blocked by the police



Figure 8 - Situations rares liées à la présences d'objets ou individus sur la chaussée

Le document méthodologique DGITM [5] propose de considérer pour les STRA, les scénarios logiques suivants, s'ils sont pertinents par rapport au système à l'étude pour les acteurs "Piétons et Cyclistes ou Equipement de Déplacement Personnel (EDP) » :

- Acteur statique sur la voie,
- Piétons traversant un passage piéton,
- Acteur traversant en vitesse constante (Piéton et Cycliste/EDP) avec ou sans passage piéton,
- Acteur s'arrêtant en traversant la voie depuis le bord de la chaussée (Piéton et Cycliste/EDP) avec ou sans passage piéton,
- Acteur traversant en accélérant depuis le bord de voie avec ou sans passage piéton,
- Acteur marchant sur (ou longeant) la voie de circulation d'ego véhicule (Piéton et Cycliste/EDP) dans le même sens de circulation ou dans le sens opposé à celui du véhicule,
- Acteur décélérant fortement

j. Franchissement de Giratoire & rond-point

Ce scénario fonctionnel regroupe l'ensemble des scénarios relatifs au **franchissement d'un carrefour giratoire ou un rond-point**. On notera trois types de sous-scénarios liées aux étapes du franchissement de ce type d'infrastructure routière :

- **Engagement dans un giratoire** : ego véhicule entre dans le carrefour giratoire
- **Circulation dans le giratoire** : ego véhicule circule dans l'anneau du carrefour giratoire
- **Sortie du giratoire** : ego sort du carrefour giratoire

Ces trois scénarios permettent de concevoir et valider le comportement en carrefour giratoire (« *navigate round about* ») des systèmes de mobilité automatisé. Les scénarios logiques suivants semblent pertinents à considérer :

- 1 – Engagement dans un giratoire, libre de tout véhicule
- 2 – a - Engagement dans un giratoire, avec un véhicule à l'approche
- 2 – b - Engagement dans un giratoire, avec un véhicule abordant les entrées n-1 ou n-2 par rapport au véhicule ego avec une vitesse excessive
- 3 – Circulation dans le giratoire
- 4 – Sortie du giratoire, avec un véhicule (bus) empiétant sur la voie du véhicule ego

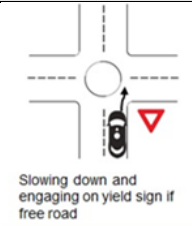
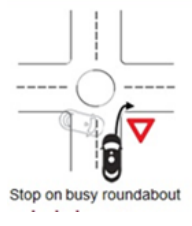

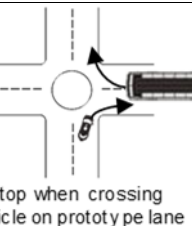
	Nom du scénario concerné	Illustration	Comportement attendu <i>Limites d'ODD</i>
1	Engagement dans un carrefour à sens giratoire vide		Le véhicule ralentit à l'approche du carrefour, et s'engage dans le sens giratoire lorsque la voie est libre <i>Pas de changement de voie dans le carrefour</i>
2	Arrêt à l'entrée d'un carrefour à sens giratoire		Le véhicule ralentit à l'approche du carrefour, et s'arrête au signal lorsqu'un autre véhicule est détecté dans le carrefour <i>Pas de changement de voie dans le carrefour</i>
3	Circulation dans un sens giratoire		Le véhicule circule sur sa voie dans le sens giratoire, et emprunte la sortie <i>Pas de changement de voie dans le carrefour</i>
4	Sortie de sens giratoire		Le véhicule ne s'engage pas si le véhicule de la voie opposée déborde de la ligne médiane <i>Visibilité avant 100m. Route limitée à 50 km/h</i>

Figure 9 – Scénarios lors d'un franchissement de giratoire et rond-point

k. Franchissement d'une intersection

Ce scénario fonctionnel regroupe l'ensemble des scénarios relatifs à une intersection, i.e. « **Franchissement d'une intersection** », « **Tourner à gauche à une intersection** », « **Tourner à droite à une intersection** ». Le document méthodologique DGITM [5] décrivant l'approche par scénarios, donne une liste des descripteurs de scénarios suivants, à considérer s'ils sont pertinents par rapport au système à l'étude :

- Liés à l'infrastructure :
 - en Y, en T, en X, à plus de 4 branches
 - à régime de priorité spécifique (à feux, cédez-le-passage, stop)
 - sans régime de priorité spécifique (priorité à droite)
- Franchissement avec véhicule sur la voie d'approche, circulant à vitesse excessive par rapport à la vitesse maximale autorisée
- Tourner à droite avec un véhicule venant de gauche, circulant à vitesse excessive et ne respectant pas les priorités.

- Tourner à droite avec un véhicule venant de face et tournant à droite vers la voie d'insertion du véhicule ego, circulant à vitesse excessive et ne respectant pas les priorités.
- Tourner à gauche avec un véhicule venant de droite, circulant à vitesse excessive et ne respectant pas les priorités.
- Tourner à gauche avec un véhicule venant de face et tournant à droite vers la voie d'insertion du véhicule ego, circulant à vitesse excessive et ne respectant pas les priorités.

À titre illustratif, voici des exemples issus des expérimentations 7 et 8 du projet SAM.

Intersections en T

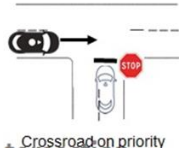
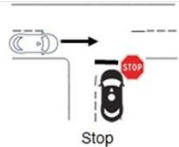
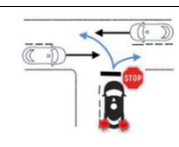
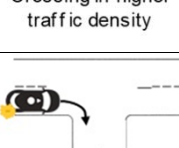
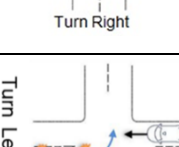
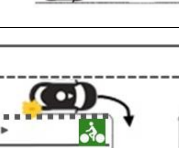
Nom du scénario concerné	Illustration	Comportement attendu <i>Limites d'ODD</i>
Franchissement d'une intersection avec une voie à caractère non prioritaire	 Crossroad on priority	<i>Le véhicule franchit une intersection où il a la priorité.</i>
Franchissement d'une intersection avec une voie à caractère prioritaire	 Stop	<i>Le véhicule rencontre une intersection où il n'a pas la priorité. Il s'arrête le cas échéant (Stop ou cédez-le-passage)</i> Trafic fluide
Franchissement d'une intersection avec une voie à caractère prioritaire	 Crossing in higher traffic density	<i>Le véhicule rencontre une intersection où il n'a pas la priorité. Il s'arrête le cas échéant (Stop ou cédez-le-passage)</i> Trafic dense.
Tourne à droite	 Turn Right	Le véhicule tourne à droite à l'intersection.
Tourne à gauche	 Turn Left	Le véhicule tourne à gauche à l'intersection, lorsque la voie opposée est libre <i>Visibilité avant 100m. Route limitée à 50 km/h</i>
Tourne à droite avec croisement d'une piste cyclable		<i>Le véhicule tourne à droite à l'intersection cédant la priorité au cyclistes sur sa voie dédiée</i>

Figure 10 – Exemples de scénarios lors du franchissement d'une intersection en T

Intersections en X à feux tricolores




Nom du scénario concerné	Illustration	Comportement attendu <i>Limites d'ODD</i>
Passage d'une l'intersection pour continuer tout droit ou à droite	 <p>Traffic lights Connected or not</p>	Le véhicule respecte la signalisation indiquée par le feu tricolore (connecté V2X ou non), passe l'intersection, marque l'arrêt ou redémarre suivant le cas. Le véhicule continue tout droit ou tourne à droite.
Passage d'une intersection pour continuer à gauche	 <p>Turn on traffic lights</p>	Le véhicule respecte la signalisation indiquée par le feu tricolore (connecté V2X ou non), passe l'intersection, marque l'arrêt ou redémarre suivant le cas. Le véhicule tourne à gauche en contrôlant le trafic venant d'en face. <i>Visibilité avant 100m. Route limitée à 50 km/h</i>
Passage d'une intersection pour continuer à gauche	 <p>Advanced pedestrian mgt</p>	Le véhicule respecte la signalisation indiquée par le feu tricolore (connecté V2X ou non), passe l'intersection en contrôlant les piétons engagés.

Figure 11 – Exemples de scénarios lors du franchissement d'une intersection en X avec feux tricolores

I. Franchissement d'un Passage à niveau

Ce scénario fonctionnel regroupe l'ensemble des scénarios relatifs au « franchissement un passage à niveau ». Le document méthodologique sur l'approche par scénarios publié par la DGITM [5] propose de considérer les scénarios suivants, s'ils sont pertinents par rapport au système à l'étude :

- Engagement sur un passage à niveau :
 - À feux
 - À régime de priorité non lumineux (Croix de Saint André, Balises)
 - Avec ou Sans barrière de sécurité

Il demande le comportement attendu suivant : Arrêt conforme à la signalisation du passage à niveau.

Remarque : Lorsqu'il y a un risque de s'arrêter lors du franchissement du passage à niveau, par exemple dans le cas d'une route embouteillée, le STRA/VP ne doit pas s'engager dans le passage à niveau.

m. Suppression / Création de voie, y.c. bretelles d'accès et de sortie

Définition du scénario fonctionnel :

<p>Suppression / Création de voie, y.c. bretelles d'accès et de sortie : Scénarios spécifiques aux infrastructures routières avec suppression de voie, fusion de voie, création de voie, incluant les voies pour véhicules lents, les voies d'insertion et de sortie d'autoroutes.</p>	<p>Lane merge, New lane, including Entrance and Exit : Scenarios specific to these road infrastructures with lane creation and suppression.</p>
---	--

Nota Bene:

Il semble important d'isoler ces scénarios qui sont spécifiques à un lieu particulier, connu, et pour lesquels des règles de priorité ou des usages particuliers existent, comme par exemple la règle du 1 sur 2 pour les voies d'insertion lorsque la circulation est chargée en France.

It seems important to isolate these scenarios because there are specific road infrastructures to states, but also particular driving rules or driver behaviors.

Les partenaires du projet SAM retiennent :

Suppression de voie

- Une voie adjacente à celle de l'égo véhicule prend fin (sur la droite, sur la gauche, avec ou sans règle de priorité)
- La voie de l'égo véhicule prend fin, et l'égo véhicule doit changer pour une voie adjacente.

Création de voie

- Création d'une nouvelle voie de circulation (sur la gauche ou la droite de la voie de l'égo)
- Création d'une voie de sortie (sur la gauche ou la droite de la voie de l'égo)

Bretelles d'insertion et de sortie

- La voie de l'égo véhicule devient la voie de sortie
- L'égo véhicule doit changer de file pour prendre une voie de sortie

Lane merge (Zipping)

- Nearby lane merges into Ego vehicle lane (right side / left side / with or without priority right)
- Ego vehicle lane merges into nearby lane (right side / left side / with or without priority right)

New lane (Branching)

- new lane created on the left / right side of ego car lane
- an exit lane is created on the right/left side of ego car lane

Entrance and Exit Lanes

- Ego vehicle lane becomes an exit lane
- Ego vehicle shall take the exit lane, and is not in.
- Exit lane nearby the Ego vehicle lane
- Entrance lane nearby the Ego vehicle lane
- Ego vehicle lane on Entrance lane

Le document méthodologique sur l'approche par scénarios publié par la DGITM [5] propose de considérer les scénarios suivants :

- Entrée depuis voie d'insertion/accélération (exemple : insertion sur autoroute)
 - avec un véhicule venant de gauche, circulant à vitesse excessive
 - avec un véhicule venant de face sur la voie d'insertion du véhicule ego, circulant à vitesse excessive et ne respectant pas les priorités
 - sans véhicule sur la voie visée par l'insertion

- Sortie vers une voie de sortie/décélération
Comportement de décélération à l'approche et sur la voie de sortie, depuis la vitesse maximale autorisée dans l'ODD du véhicule / système, en situation de blocage de la voie de sortie au-delà de la fin de la voie de décélération. Ce scénario se décline en deux scénarios logique élémentaires :
 - Approche de la voie de sortie (avec changement de file et décélération pour satisfaire à la vitesse maximale autorisée sur la voie de sortie)
 - Voie de sortie embouteillée

n. Zone d'arrêt de Transports en Commun

Ce scénario fonctionnel regroupe l'ensemble des scénarios relatifs à la présence de station(s) ou d'arrêts de Transports en Commun. Trois types d'arrêt peuvent être considérés suivant le système : les arrêts en ligne, les arrêts en avancée, et les arrêts en encoche. On note deux scénarios fonctionnels :

- **Arrivée en station**
- **Départ de station**

Le document méthodologique sur l'approche par scénarios publié par la DGITM [5] propose de considérer les scénarios suivants.

Définition des scénarios fonctionnels :

- Comportement de décélération et d'arrêt pour une Arrivée en station (dans le guide : Arrêt de TC) depuis une vitesse de circulation initiale égale à la vitesse maximale autorisée :
 - Un arrêt en ligne
 - Un arrêt en avancée libre de stationnement sur toute la longueur de l'avancée
 - Un arrêt en encoche libre de stationnement sur toute la longueur de l'encoche

- Insertion dans la circulation depuis le Départ de station (dans le guide : Sortie d'arrêt de TC et Départ post-arrêt sur voie) :
 - a. avec un véhicule circulant à vitesse excessive sur la voie visée par l'insertion et ne respectant pas les priorités
 - b. avec un flot de véhicule circulant à basse vitesse sur la voie visée par l'insertion, permettant une insertion du véhicule égo (Le bus est prioritaire.)

o. Zone de travaux ou d'accident

Définition du scénario fonctionnel :

Zones de travaux ou d'accident: Famille des scénarios spécifiques aux infrastructures temporaires mises en place lors de travaux ou d'accident.

Working or accident zones: Family of scenarios specific to these particular temporary traffic conditions.

Les partenaires SAM retiennent les scénarios logiques suivants : Suivi de véhicule ou de **voie étroite**

- Suivi de véhicule ou de voie avec **marquages temporaires**
- Suivi de véhicule ou de voie en cas **d'incohérence des marquages temporaire (jaune) et permanents (blancs)**
- **Fermeture temporaire de voie par des cônes** ou autres barrières (plastic, métallique, béton,...)
- Suivi de véhicule ou de voie en cas de **décalage temporaire des voies.**
- **Camion ou Remorque de signalisation dynamique de travaux sur la voie ou empiétant sur la voie.**

Soit en anglais :

- **Narrow lane width driving**
- **Yellow lane markings only driving**
- **Yellow lane markings inconsistent with white lane marking**
- Particular lane merge : **Lane suppression with cones**, or other temporary barriers (plastic, metallic, ...)
- Ego vehicle drives into the construction area with **shifting lanes**
- **Dynamic Working zone (specific arrow-truck presence)**

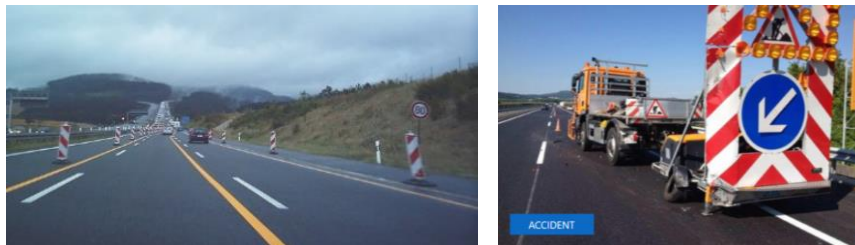


Figure 12 - Zones de travaux

p. Conclusion

Après avoir proposé une vision des scénarios nominaux pertinents à considérer, et selon la norme ISO 34502 en ayant d'abord considéré la variabilité des manœuvres des acteurs, puis les différentes infrastructures routières, le chapitre suivant s'attachera à décrire les scénarios d'accident pertinents à considérer.

4) Scénarios d'accidents

Afin de proposer des scénarios d'accident pertinents, et après l'analyse de plusieurs sources de données (VOIESUR, ASFA, ONISR, BAAC, ...) les partenaires du projet SAM ont retenu les résultats du projet VOIESUR pour être utilisé, car la principale difficulté réside dans le traitement de ces données d'accidentologie qui s'avère très complexe et qui nécessite une première digestion par des experts du domaine, en l'occurrence nous nous appuyons sur une étude menée par Thierry HERMITTE, expert Sécurité Routière de Renault.

Cette partie se décomposera en deux sous-parties la première dédiée à l'accidentologie sur voies à chaussées séparées, par exemple pour une application ALKS et une seconde à l'accidentologie sur tous les types de route pour une application STRA.

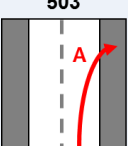
a. Scénarios d'accidents sur voies à chaussées séparées (donnés à titre illustratifs)

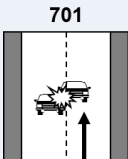
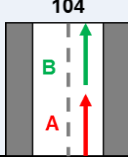
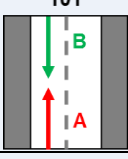
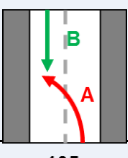
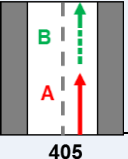
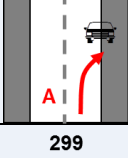

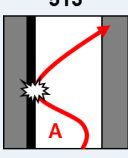
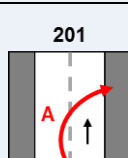
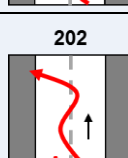
Pour être plus précis, nous nous intéressons ici aux accidents de la route français, impliquant au moins un véhicule particulier (VP) circulant sur une section courante d'autoroute ou de voie à chaussées séparées. Pour ces accidents, on dénombre 71 configurations différentes et 256 scénarios concrets dans la base de données de référence VOIESUR (cf. Annexe1). Ils sont tous à collecter et à considérer comme pertinents dans la démarche globale de capitalisation des scénarios potentiellement dangereux et connus citée plus haut. Ces scénarios issus de l'accidentologie française sont basés sur des données de qualité et permettent de construire le socle initial de capitalisation de ce type de scénarios.

Nous ne retenons ici pour être présentées aux instances réglementaires que les 10 configurations les plus mortelles couvrant 50% des accidents et plus de 60% des tués. À partir de ces scénarios il faut réaliser deux actions afin d'être utilisées dans la démarche de conception et validation des systèmes automatisés :

- Définir des exigences de sécurité sur le comportement des véhicules et systèmes automatisés pour les scénarios adressables.
- Définir des scénarios pour la recette de ces exigences utilisables pour des tests sur pistes ou en simulation numérique, ce qui demande un travail d'analyse afin de définir un cas de test.

Ces 10 configurations (cf. Annexe 2) représentent 49% de l'ensemble des accidents répertoriés et redressés pour être représentatif des accidents en France, et impliquant au moins une voiture et sont les suivantes :

	n°	Catégorie	Nom	Taux d'occurrence
1	503	<p>503</p> 	<p>Véhicule seul en cause avec sortie de voie à droite <i>Vehicle alone: direct lane departure to the nearside</i></p>	13,2%

2	701		Accidents en chaine <i>Chain reaction collisions</i>	11,4%
3	104		Un véhicule heurte l'arrière du véhicule précédent qui maintenait son allure <i>Rear-end collision between 2 vehicles moving on the same direction (stabilized speed)</i>	11%
4	101		Un véhicule roule sur la voie adverse alors qu'un autre véhicule arrive en contre sens * <i>Collision between 2 vehicles moving in opposite direction with one moving on opposite traffic lane</i>	5,7%
5	103		Un véhicule se déporte vers la voie adverse alors qu'un véhicule arrive en contre sens * <i>Lane departure to the farside and collision with an OV moving in opposite direction</i>	5%
6	105		Un véhicule heurte l'arrière du véhicule précédent qui ralentissait ou était à l'arrêt <i>Rear-end collision between 2 vehicles where the 1st Vehicle braking or stopping</i>	4,6%
7	405		Accident contre un véhicule en stationnement à droite** <i>Collision against a stationary vehicle on the nearside</i>	3,2%
8	299		Autre cas d'accidents de dépassement A : véhicule en dépassement <i>Overtaking maneuver: other cases</i>	2,8%
9	513		Véhicule seul en cause se déporte vers la gauche, suivi d'un premier choc puis traverse la chaussée vers la droite avec 2^e choc <i>Vehicle alone: 1st collision on the farside following by a lane departure to the nearside</i>	2,5%
10 A	201		Un véhicule dépasse un autre véhicule et perd le contrôle lors de son rabattement <i>Overtaking maneuver: Loss of control during the overtaking</i>	2,1%
10 B	202		Un véhicule dépasse un autre véhicule et perd le contrôle au cours du dépassement <i>Overtaking maneuver: Loss of control during the overtaking</i>	2,1%

10 C	515		<p>'Véhicule seul en cause se déporte vers la droite, suivi d'un premier choc puis traverse la chaussée vers la gauche avec un tonneau</p> <p><i>Vehicle alone: 1st collision on the nearside following by a rollover on the road</i></p>	2,1%
---------	-----	---	--	------

Figure 13 - TOP10 des configurations d'accident issues du projet VOIESUR et collectées sur l'année 2011

*Cas classique : véhicule en contre-sens sur autoroute

**Cas classique : véhicule en panne, stoppé sur la bande d'arrêt d'urgence, heurté par un poids-lourds

Il est à noter que pour les configurations les plus mortelles (en termes de nombre total de tués) impliquant au moins 1 véhicule particulier circulant sur autoroute ou voie à chaussées séparées, nous avons :

- 50% des tués sont couverts par les 6 premières configurations
- 60% des tués sont couverts par les 9 premières configurations
- **66% des tués sont couverts par les configurations présentées dans ce document.**
- 80% des tués sont couverts par les 17 premières configurations

Parmi ces configurations d'accident, deux sont des configurations génériques, la 701 (accidents en chaîne) et la 299 (Autres dépassements) dont les scénarios logiques se retrouveront dans d'autres catégories d'accidents. Par exemple, les scénarios logiques associés à « accidents en chaîne » se retrouve intégralement dans les scénarios des configurations 104, 105 et 405, et ceux de « Autres dépassement » dans 104, 105, 201, 202.

Remarque : contrairement à GIDAS qui recense les comportements du véhicule ayant créé le conflit, la configuration accidentelle s'intéresse à la situation de l'accident, c'est-à-dire y compris les usagers impliqués. Autrement dit le même scénario sera catégorisé autrement (e.g. 103 et 405 pourrait être le même scénario, puisqu'il s'agit d'une sortie de voie).

b. Scénarios d'accidents tout type de route (donnés à titre illustratifs)

Nous nous intéressons ici à l'intégralité des accidents de la route, tous types de véhicules confondus. Cette partie permet d'avoir une vue globale de l'accidentalité en France et sa répartition sur l'ensemble des configurations. Nous avons retenu cette approche pour les STRA, les objectifs de sécurité quantitatifs fixés l'étant au niveau global français, voire même au niveau global européen et étant donc très globalisant. Ces scénarios d'accidents pourraient être vus comme des scénarios génériques à considérer auxquels il faudrait ajouter des scénarios d'accident liés au système et à l'ODD spécifique du système à l'étude.

Le critère de classement est le nombre total de tués et de blessés hospitalisés (KSI) enregistrés pour chaque configuration quel que soit le type de véhicule impliqué.

Le top 10 des configurations les plus graves (en termes de KSI) représente 53% de l'ensemble des KSI.



Most severe road accidents (All vehicles)



Rank	Configuration	Picture	Designation	Accidents		Veh.	Cars	Byc.	PTW	Ped.	Killed		SI	SII	KSI			KSI for 100 Acc	KSI for 1000 Veh
				Freq.	%						Freq.	%			Freq.	%	Cumul.		
1	103		Lane departure to the farside and collision with an OV moving in opposite direction	3076	5,1%	6347	4424	95	737	0	657	17,1%	2297	3140	2954	10%	10%	96	465
2	503		Vehicle alone : direct lane departure to the nearside	3378	5,6%	3379	1913	118	962	0	534	13,9%	2090	1892	2624	9%	19%	78	777
3	502		Vehicle alone : direct lane departure to the farside	2425	4,0%	2425	1703	4	549	0	412	10,7%	1400	1284	1812	6%	26%	75	747
4	306		Junction : Vehicle turning farside while an OV coming in opposite direction	3142	5,2%	6324	3424	351	2071	0	106	2,8%	1448	2730	1554	5%	31%	49	246
5	302		Junction : Vehicle moving ahead and coming from secant direction	3543	5,9%	7148	4407	596	1452	0	168	4,4%	1148	3582	1316	5%	36%	37	184
6	701		Chain reaction collisions	2944	4,9%	9525	7095	157	777	47	175	4,5%	1010	4335	1185	4%	40%	40	124
7	305		Junction : Vehicle turning farside while an OV is coming on its farside	1981	3,3%	3964	2365	222	1052	0	74	1,9%	996	1808	1070	4%	43%	54	270
8	803		Pedestrian crossing from right to left	2397	4,0%	2403	1489	111	613	2542	112	2,9%	911	1733	1023	4%	47%	43	426
9	899		Other pedestrian cases	1632	2,7%	1882	1361	22	300	1790	44	1,1%	803	1112	847	3%	50%	52	450
10	599		Vehicle alone : other cases	2378	3,9%	2378	377	192	1569	0	37	1,0%	802	1781	839	3%	53%	35	353
Total of the Top 10				26896	45%	45775	28558	1868	10082	4379	2319	60%	12905	23397	15224	53%		57	333
% of the overall accidents				45%		45%	48%	41%	40%	36%	60%		52%	44%	53%				



Table 1: Top 10 of the most severe road accidents, all types of vehicle (Source VOIESUR, 2011)

Pour les configurations les plus graves nous avons :

- 50% des KSI sont couverts par les 9 premières configurations
- 60% des KSI sont couverts par les 14 premières configurations
- 80% des KSI sont couverts par les 33 premières configurations

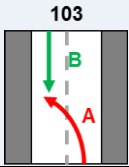
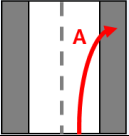
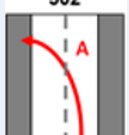
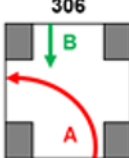
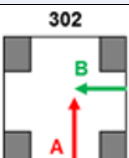
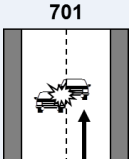
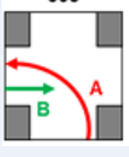
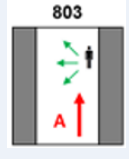
	n°	Catégorie	Nom	Taux d'occurrence
1	103		Un véhicule se déporte vers la voie adverse alors qu'un véhicule arrive en contre sens * <i>Lane departure to the farside and collision with an OV moving in opposite direction</i>	10%
2	503		Véhicule seul en cause avec sortie de voie à droite <i>Vehicle alone: direct lane departure to the nearside</i>	9%
3	502		Véhicule seul en cause avec sortie de voie à gauche <i>Vehicle alone: direct lane departure to the farside</i>	6%
4	306		Intersection : les deux véhicules provenant de directions opposées dont l'un allant tout droit et l'autre tournant à gauche <i>Junction : Vehicle turning farside while OV coming in opposite direction</i>	5%
5	302		Intersection : les 2 véhicules allant tout droit (ou, on ne sait pas où vont les véhicules) et provenant de directions perpendiculaires. <i>Junction : Vehicle moving ahead and coming from secante direction</i>	5%
6	701		Accidents en chaine <i>Chain reaction collisions</i>	4%
7	305		Intersection : 2 provenant de directions perpendiculaires dont l'un arrivant de gauche et allant tout droit et l'autre tournant à gauche <i>Junction : Vehicle turning farside, while an OV coming on its farside</i>	4%
8	803		Piéton traversant la chaussée de la droite vers la gauche <i>Pedestrian crossing from right to left</i>	4%
9	899		Autres configurations impliquant un piéton <i>Other pedestrian accidents</i>	3%
10	599		Autres cas d'accidents avec un véhicule seul en cause. <i>Vehicle alone : other cases</i>	3%

Figure 14 - TOP10 des configurations d'accident issues du projet VOIESUR et collectées sur l'année 2011

c. Conclusion

L'objet de cette partie était de présenter les premiers scénarios d'accident à considérer soit pour le cas d'usage autoroutier et pour le cas d'usage STRA, plutôt urbain et péri-urbain en mettant en lumière les scénarios les plus emblématiques. Il faudrait compléter ces premiers scénarios d'accident en fonction du système développé et de ses objectifs de sécurité.

Enfin, les données d'accidentologie de l'ONISR, maintenant disponible en ligne, pourraient être à l'avenir une source de données actualisées très intéressante à condition de lancer une étude d'ampleur pour en dégager l'information intéressante et créer les outils d'extraction les plus automatisés possibles.

5) Conclusion

L'objectif de cette position est de proposer la définition des scénarios pertinents à capitaliser, d'identifier les types de scénarios à capitaliser avant commercialisation ou mise en service du système. Et de faire des propositions pour définir un taux de couverture de la base de scénarios retenue pour un système de conduite automatisé donné. On distingue quatre familles ou classes de scénarios :

- **Scénarios nominaux**
 - o Sources : issus de la démarche de conception du système, et en particulier les cas d'usage de l'ingénierie des systèmes permettant de décrire le comportement nominal du système et utilisé dans la démarche de définition de l'OEDR.
 - o Couverture : Pour chaque cas d'usages du système, un scénario fonctionnel au moins permet sa description et sa recette. Les cas d'usage doivent a minima couvrir les différents types d'infrastructures routières, les manœuvres des autres véhicules, les principaux événements pertinents, et démontrer le respect des règles (code de la route, étiquette, ...) applicables à l'endroit et au moment où il circule.
- **Scénarios « à dire d'Experts » « Safety »**
 - o Source : Analyses de risques, analyses de sécurité de parcours
 - o Types :
 - Défaillances
 - Insuffisances fonctionnelles
 - Limitations fonctionnelles et mésusages
 - Analyses de parcours et/ou d'ODD
 - o Couverture : Pour chaque risque identifié ou mesure de réduction des risques décidée, un scénario permet sa description et sa recette.
- **Scénarios d'accident**
 - o Sources : scénarios issus des analyses des accidents corporels, représentatifs et pertinents de la fonctionnalité d'automatisation à valider
 - o Couverture : Scénarios représentatifs de l'ODD et du parcours ou de la zone prédéfinis, de l'OEDR, et collectés sur une période temporelle directement liés à l'objectif quantitatif retenu et l'occurrence des scénarios. La couverture de 1 an garantit d'être représentatif des accidents ayant lieu chaque année sur voies à chaussées séparées.
- **Scénarios rares**
 - o Critères : Toute situation ayant abouti à une reprise en main non demandée par le système afin d'éviter un danger, à une MRM, ou une EM. En cours de validation, une situation jugée dangereuse ou potentiellement dangereuse rencontrée par les conducteurs experts peut être ajoutée pour améliorer la sécurité du système.
 - o Sources : issus des roulages de conception, validation, ou après commercialisation ou mise en service
 - o Couverture : idem ci-dessus.

Nota Bene : Un même scénario fonctionnel ou logique peut être identifié lors d'un roulage, par des experts, ou lors de la démarche de conception ... l'objectif d'avoir ces différents axes de vision est l'identification la plus exhaustive possible de scénarios pertinents.

Ces scénarios doivent être capitalisés dans un catalogue ou une bibliothèque (le mot n'est pas stabilisé à l'international, au niveau français nous parlons de **bibliothèque de scénarios**). Pour que cette bibliothèque de scénarios soit recevable pour l'homologation ou la certification, elle devra (NDR : c'est déjà une « position PFA » présentée à plusieurs reprises lors des « international AD Expert workshops » mais jamais capitalisée) sur les scénarios organisés lors des congrès internationaux AVS, & SIP-ADUS) respecter un certain nombre d'exigences, et être :

- **Partagée**
 - o La bibliothèque de scénarios doit être construite et partagée entre les membres d'un projet financé publiquement, rassemblant des partenaires publics et privés, industriels et académiques.
 - o La bibliothèque doit a minima être établie et reconnue au niveau d'un état
- **Publiée**
 - o La bibliothèque doit être présentée lors de congrès nationaux et internationaux ou à des organisations internationales, pour une application nationale et internationale.
 - o e.g. : conférences internationales (SIA, AVS, SIP ADUS, FISITA), Pegasus AD International Expert Meeting, Bilatéral meetings : PFA & JAMA, PFA & VDA, ...

Ces travaux de dissémination, de présentation, permettent d'atteindre l'objectif suivant :

- **Reconnue**
 - o La bibliothèque en plus d'être reconnue d'un point de vue national pour une application nationale, doit être reconnue par ses pairs d'un point de vue international, par exemple par des organisations internationales, pour une application internationale (e.g. Commission Européenne, JRC, UITP, OICA, Pegasus Projects).
- **Disponible**
 - o La bibliothèque doit être disponible
 - o Gratuitement ou avec une contribution financière selon le niveau de description des scénarios, car il se comprend que la création et la maintenance d'une telle bibliothèque aura un coût.
- **De confiance = Qualité du contenu**
 - o Scénarios issus de sources reconnues, publiées, issus de projets aidés (e.g. VOIESUR, UDRIVE, MOOVE, SVA, SVR, ...)
 - o Elle sera conforme aux recommandations des normes ISO 3450X, et ISO TS 5083
 - o Les scénarios doivent être soumis à Relecture & Validation par un comité d'experts reconnus

Références

[1] PFA & DGITM, “Automated driving safety validation: proposals from the French Eco-system”, PFA & French administration position paper presented to VMAD, Jan 2020

<https://wiki.unece.org/download/attachments/87622683/VMAD-04-07%20French%20views.pdf?api=v2>

[2] PFA, “French automotive industry Safety Argumentation for automated vehicles. SAE automation levels 3 and 4” PFA/ CSTA14/ Safety Working Group, march 2019.

[3] WP29 Secretariat, “Revised Framework document on automated/autonomous vehicles”, ECE/TRANS/WP.29/2019/34, WP.29-178-10-Rev.2 , 25-28 June 2019

<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2020/wp29/ECE-TRANS-WP29-2019-34-Rev2e.pdf>

[4] Kalra, Nidhi and Susan M. Paddock, « Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability? ». Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2016.

https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html

[5] DGITM, “Démonstration de sécurité des systèmes de transports routiers automatisés : apport des scénarios de conduite - Génération, alimentation et enrichissement des scénarios Document de travail méthodologique, Septembre 2022.

[DGITM-L1-septembre_2022-FR.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

Annexe 1 - VOIESUR

« Vehicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route »



Projet aidé dont l'ambition est de créer un système d'information à partir de l'analyse détaillée des procès-verbaux d'accidents corporels et mortels de la circulation en France pour l'année 2011. Ce système ou base de données permettra de traiter les multiples questions de sécurité routière qui se posent jusqu'en 2020. Ce projet est en adéquation avec les problématiques actuelles concernant les usagers vulnérables et la création d'un observatoire Européen de sécurité routière, la déclaration que la décennie 2011-2020 serait la « décennie d'actions pour la sécurité routière » au niveau Mondial et Européen.

Objectif : Obtenir une image la plus détaillée possible de la sécurité routière en France en 2011.

La forte baisse du nombre des tués sur les routes de France constatée au début des années 2000 tend à se faire plus lente ces dernières années. Par ailleurs, nous remarquons l'augmentation relative de l'implication en accidents de certains usagers comme les piétons et les 2-roues. Les objectifs de ce projet sont multiples :

1. Réaliser un diagnostic de sécurité routière au niveau national grâce à l'analyse détaillée de tous les Procès-Verbaux d'accidents Mortels (PVM) et d'un échantillon représentatif des Procès-Verbaux d'accidents Corporels (PV).
2. Mettre en place une base de données exhaustive de référence réalisée à partir de l'ensemble des PV du département du Rhône. Elle associe la description précise des bilans médicaux et les détails sur les circonstances de l'accident.
3. Faire une évaluation critique des données de l'accidentologie de terrain à partir desquelles sont basées nos connaissances actuelles.
4. Tester une méthodologie de redressement des données afin de proposer une correction des données nationales et obtenir les enjeux réels de sécurité routière.
5. Améliorer les connaissances en accidentologie avec un focus particulier sur certains usagers de la route : piétons, deux-roues motorisés, enfants et seniors.

Les retombées attendues au niveau technique permettront la mise en pratique de méthodes de redressement et d'extrapolation à un niveau national. Elles aideront à la réalisation du comparatif entre BAAC et PV ce qui permettra l'amélioration des remontées statistiques en sécurité routière. Au niveau sociétal, ce projet participera à sauver de nouvelles vies.

Partenaires du projet

- IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
- CEESAR : Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyses des Risques
- CETE Rouen : Centre d'études techniques de l'Équipement – Normandie & Centre (CETE NC)
- LAB : Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique – GIE PSA-RENAULT
- ANR : Agence Nationale de la Recherche (Aide de l'ANR : 942 328 euros)
- Début et durée du projet scientifique : décembre 2011 - 36 Mois

Site internet ANR : [Vehicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route | ANR](#)

Annexe 2 – TOP10 des configurations d'accidents les plus mortelles



**10
TOP**

Most fatal road accidents on Motorway and divided roads (Passenger cars)



Rank	Configuration	Picture	Designation	Accidents			Killed			KSI			
				Freq.	%	Veh.	Freq.	%	SI	SII	Freq.	%	SI
1	503		Vehicle alone : direct lane departure to the nearside	1913	4,2%	1913	328	11,3%	1247	1351	1575	7,3%	
2	701		Chain reaction collisions	2847	6,2%	9256	7095	165	5,7%	944	4224	1109	5,1%
3	104		Rear-end collision between 2 vehicles moving on the same direction (stabilized speed)	902	2,0%	1866	1302	75	2,6%	244	997	319	1,5%
4	101		Collision between 2 vehicles moving in opposite direction with one moving on opposite traffic lane	201	0,4%	406	293	32	1,1%	220	163	252	1,2%
5	103		Lane departure to the far side and collision with an OV moving in opposite direction	2716	5,9%	5627	4424	584	20,1%	2037	3021	2621	###
6	105		Rear-end collision between 2 vehicles where the 1st Vehicle braking or stopping	2767	6,0%	5641	4169	29	1,0%	512	3272	541	2,5%
7	405		Collision against a stationary vehicle on the nearside	483	1,0%	673	564	17	0,6%	198	590	215	1,0%
8	299		Overtaking maneuver : other cases (A = overtaking maneuver)	687	1,5%	1373	769	17	0,6%	319	505	336	1,5%
9	513		Vehicle alone : 1st collision on the far side following by a lane departure to the nearside	106	0,2%	111	111	18	0,6%	39	89	57	0,3%
10	201		Overtaking maneuver : loss of control in the end of the maneuver	169	0,4%	209	168	24	0,8%	120	132	144	0,7%
10	202		Overtaking maneuver : loss of control during the overtaking	197	0,4%	282	238	15	0,5%	84	159	99	0,5%
10	515		Vehicle alone : 1st collision on the nearside following by a rollover on the road	98	0,2%	98	98	19	0,7%	86	4	105	0,5%
Total of the Top 10				12791	28%	27075	20808	1289	44%	14344	7169	0	
% of the overall accidents				28%	33%	35%	44%	44%	33%	33%	33%	0	

Urban area	Rural area (others)			Motorway & divided road									
	Acc killed	SI	KSI	Acc killed	SI	KSI	Acc killed	Nb Killed	% Killed	SI	KSI		
494	57	310	367	983	234	731	965	436	37	###	205	242	
###	9	295	304	598	123	561	684	814	32	###	86	118	
314	10	59	69	165	34	103	137	423	31	###	83	114	
85	5	85	90	89	11	94	105	27	16	5,7%	41%	40	56
913	53	348	401	###	516	###	###	20	14	5,0%	46%	17	31
###	5	399	404	142	11	73	84	522	13	4,6%	51%	40	53
385	6	172	178	20	2	0	2	78	9	3,2%	54%	26	35
485	2	178	180	102	7	55	62	100	8	2,8%	57%	86	94
74	3	18	21	8	8	0	8	24	7	2,5%	59%	21	28
20	4	52	56	12	14	4	18	136	6	2,1%	62%	64	70
51	2	0	2	78	7	64	71	69	6	2,1%	64%	20	26
45	1	44	45	12	12	2	14	41	6	2,1%	68%	40	46
6285	154	1916	2070	3901	960	3294	4254	2580	173	62%	670	843	
20%	23%	19%	19%	42%	49%	47%	47%	53%	62%	48%	51%		

Figure 15 : Top 10 des configurations d'accidents routiers les plus mortelles impliquant au moins un véhicule particulier (VP) sur voies à chaussées séparées. (Source VOIESUR)

Description des colonnes du tableau des configurations d'accident

Les résultats sont donnés sous forme de tableau constitué des colonnes suivantes :

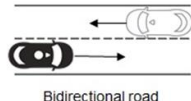
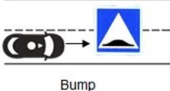

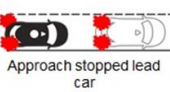
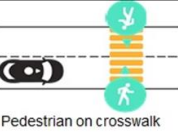

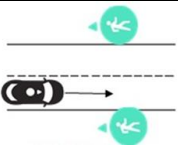
- **Configuration** : il s'agit de l'identifiant attribué à la configuration d'accident. Le 1^{ier} chiffre correspond à la classe d'appartenance du pictogramme ;
- **Picture** : pictogramme associé à la configuration d'accident. Les usagers A (flèche rouge) et B (flèche verte) représentent les principaux acteurs de la configuration. Ils sont donnés à titre illustratif et sans aucune notion de responsabilité. Les autres objets pouvant intervenir (piéton, obstacles, véhicule en stationnement, flèche noire ...) sont des acteurs secondaires permettant de mieux expliquer la situation. Ils n'ont pas pour but de préciser le scénario mais juste d'en donner une adaptation la plus courante ;
- **Designation** : explication de la configuration ;
- **Acc.** : désigne le comptage de l'ensemble des accidents pour chaque configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des accidents (%) ;
- **Veh.** : désigne le comptage de l'ensemble des véhicules impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des véhicules impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **Cars** : désigne l'ensemble des voitures particulières impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des VP impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **Byc.** : désigne l'ensemble des vélos impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des vélos impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **PTW** : Powered Two-Wheelers, désigne l'ensemble des 2-roues motorisés (2RM) impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des 2RM impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **Ped.** : Pedestrian, désigne l'ensemble des piétons impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des piétons impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **Killed** : désigne l'ensemble des usagers tués impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des tués dans la totalité des accidents (%) ;
- **SI** : Severely Injured, désigne l'ensemble des blessés hospitalisés impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des blessés hospitalisés impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **SII** : Slightly Injured, désigne l'ensemble des blessés non hospitalisés impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des blessés non hospitalisés impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **KSI** : Killed and Severely Injured, désigne l'ensemble des tués et blessés hospitalisés impliqués dans la configuration, en fréquence (freq.) ou en pourcentage par rapport à l'ensemble des tués et blessés hospitalisés impliqués dans la totalité des accidents (%) ;
- **Urban area** : désigne les accidents se déroulant en agglomération ;
- **Rural area (other)** : désigne les accidents se déroulant hors agglomération et hors réseau autoroute ou voie à chaussée séparées ;
- **Separated Road** : désigne les accidents se produisant hors agglomération et sur chaussée à voies séparées ;
- **Highway** : désigne les accidents se produisant sur une autoroute ;
- **Situation A** : désigne les véhicules se trouvant dans la situation illustrés dans le pictogramme par la flèche rouge (A) ;
- **Situation B** : désigne les véhicules se trouvant dans la situation illustrés dans le pictogramme par la flèche verte (B).

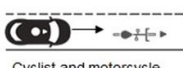

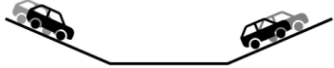
Annexe 3 – Illustrations de scénarios nominaux STRA

La liste ci-dessous de cas d'usage est issue des descriptions des expérimentations 7 et 8 donnant donc les scénarios nominaux en circulation nominale pour ces expérimentations à capitaliser dans la bibliothèque de scénarios. Chaque cas d'usage (tête de chapitre) est illustré par un scénario fonctionnel (nom du scénario et illustration), et permet de définir le comportement attendu du système au nominal. Les cas d'usages balayent les infrastructures que le véhicule rencontrera au cours de son parcours, les différents types d'acteurs et leurs comportements, et les réponses du véhicule.



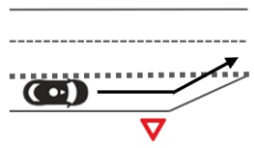
Limite de l'ODD : Nuit, brouillard, & pluie dense

1. Circulation dans sa voie

Nom du scénario concerné	Illustration	Comportement attendu
Suivi de voie	 Bidirectional road	Le véhicule suit l'itinéraire prévu dans sa voie
Passage d'un ralentisseur	 Bump	Le véhicule adapte sa vitesse à l'approche d'un cassis / dos d'âne
Suivi du véhicule précédant	 Vehicle following	Le véhicule adapte sa vitesse en fonction de la distance le séparant du véhicule qui le précède.
Arrêt derrière un véhicule à l'arrêt	 Approach stopped lead car	Le véhicule freine et s'arrête derrière le véhicule qui le précède.
Piéton sur passage protégé	 Pedestrian on crosswalk	Le véhicule s'arrête pour laisser passer le piéton prioritaire au passage protégé
Piéton sur la route	 Pedestrian on road	Le véhicule ralenti (voire s'arrête) à l'approche d'un piéton sur la voie
Piéton sur le trottoir		Le véhicule ne modifie pas sa vitesse tant que le piéton reste sur le trottoir

Deux-roues sur la route	 <p>Cyclist and motorcycle</p>	Le véhicule adapte sa vitesse en fonction de la distance le séparant du deux-roues qui le précède.
Evitement d'un obstacle dans sa voie		Le véhicule s'écarte d'un obstacle arrêté ou lent sur sa voie, sans franchir la ligne médiane
Voie en pente		Le véhicule emprunte une voie en pente, en contrôlant sa vitesse, pour ne pas ralentir (en montée), ou accélérer (en descente) excessivement

2. Changement de voie

Nom du scénario concerné	Illustration	Comportement attendu <i>Limites d'ODD</i>
Retour sur la voie après un arrêt déporté		Après un arrêt (pickup / dropoff), le véhicule retourne sur la voie en contrôlant le trafic venant de l'arrière <i>Visibilité arrière 100m.</i> <i>Route limitée à 50 km/h</i>
Changement de file		Le véhicule change de file pour se placer sur la voie adéquate <i>Circulation peu dense</i>
Voie d'insertion		Le véhicule en mouvement s'insère sur la voie principale depuis une voie d'insertion, en cédant la priorité le cas échéant <i>Vitesse limitée à 70 km/h</i>

Ces scénarios fonctionnels, on le voit bien dans le cadre de STRA sont extrêmement dépendants du parcours prédéfinis, de l'ODD et de l'OEDR du système de conduite automatisé, l'essentiel de la démarche étant de bien couvrir l'ensemble des infrastructures routières du parcours, des comportements des acteurs pouvant y circuler, et des réponses du véhicule automatisé.