

LIVRABLE L2.3-1

Référentiel de description de scénario pertinent pour la démonstration de la sécurité

Version : 0.1

Date de version : 20/05/2020



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

Informations du document

Périmètre de diffusion : Consortium / Public / Administration

Type : Intermédiaire / Final

Date prévue de livraison : T0+12

Statut : En cours / **Pour révision pairs** / Pour révision Bureau / Validé

Auteurs :

Resp. du livrable	Organisation	Rôle dans le projet
Romain KERNEIS	IRT SystemX	Ingénieur-chercheur
Erwan REVERT	IRT SystemX	Ingénieur-chercheur
Sana TMAR	IRT SystemX	Coordinatrice Projets
Relecteurs	Organisation	

Table de révision :

Version	Date	Contenu de la modification
0.0	05/05/2020	Initialisation du document
0.1	20/05/2020	Première ébauche complétée

Table des matières

Informations du document	2
Table des matières	3
Table des illustrations et tableaux	5
Glossaire.....	6
Résumé exécutif.....	7
Introduction	8
1. Référentiel de définition de la pertinence des scénarios	9
1.1. Etat de l'art sur la description des scénarios pertinents pour l'étude de la sécurité	9
1.2. Concepts de pertinence.....	9
1.2.1. Scénarios pertinents.....	9
1.2.2. Pertinence des paramètres.....	10
1.3. Typologies des scénarios pertinents.....	11
1.3.1. Scénarios fonctionnels	11
1.3.2. Scénarios logiques	11
1.3.3. Scénarios concrets	12
2. Référentiel de description de scénarios.....	13
2.1. Outil pour la constitution de la bibliothèque de scénarios.....	13
2.2. A propos du modèle de données	13
2.2.1. Modèle de données objet	13
2.2.2. Éléments optionnels	13
2.2.3. Paramètres à niveaux d'abstraction variable	14
2.2.4. Collections et hiérarchie d'éléments	15
2.2.5. Paramètres personnalisés	16
2.3. Scénario	16
2.3.1. Vue générale	16
2.3.2. Détails de l'élément scénario	17
2.4. Storyboard.....	18
2.5. Infrastructures	19
2.5.1. Attributs d'un segment de route	21
2.5.2. Description d'une bande de segment de route (Strip).....	22
2.6. Éléments d'infrastructure	23
2.7. Acteurs	24
2.8. Équipements	25
2.9. Environnement	26
2.10. Évènements.....	29
3. Processus de collecte et de construction des scénarios	31
3.1. Analyse de l'expérimentation	32
3.2. Activités transverses.....	32
3.2.1. Arborescence commune d'infrastructure de haut niveau	33
3.2.2. Collection commune d'acteurs.....	33
3.2.3. Collection commune d'évènements	33
3.3. Création des scénarios fonctionnels et logiques	34
3.3.1. Identification des scénarios	34
3.3.2. Précision sur la scénarisation des scénarios	35

3.3.3. Agrégation des scénarios dans un jeu de scénarios logiques fini en prenant en compte la faisabilité de la scénarisation	35
3.4. Enregistrement des scénarios concrets	37
Conclusion	38
Références.....	39

Table des illustrations et tableaux

Figure 1 : Illustration des éléments paramétrés qui composent un scénario	11
Figure 2 : Exemple de scénario logique ayant un haut niveau d'abstraction	12
Figure 3 : Exemple de scénario logique ayant un niveau d'abstraction relativement bas	12
Figure 4 : Exemple de jeu de paramètre optionnels et sa configuration	14
Figure 5 : Exemple de paramètre à niveau d'abstraction variable	15
Figure 6 : Exemple de collection d'acteurs	15
Figure 7 : Exemple de définition de paramètres personnalisés	16
Figure 8 : Structure principale du modèle de données d'un scénario	17
Figure 9 : Exemple d'informations générales d'un scénario	17
Figure 10 : Exemple de storyboard dans MOSAR ScenarioManager	18
Figure 12 : Exemple de spécification des positions et vitesses d'un acteur dans le storyboard	19
Figure 12 : Exemple d'infrastructure affichée dans MOSAR ScenarioManager	19
Figure 13 : Décomposition de la route en segments	20
Figure 14 : Décomposition d'un segment en strip	20
Figure 15 : Exemple de segment infrastructure	21
Figure 17 : Exemple de jonction de segments	22
Figure 17 : Exemple de Strip éditée dans MOSAR ScenarioManager	22
Figure 18 : Exemple d'élément d'infrastructure affiché sur MOSAR ScenarioManager	23
Figure 20 : Exemple de paramètre personnalisé d'élément d'infrastructure affiché dans le storyboard	24
Figure 20 : Exemple d'acteur édité sur MOSAR ScenarioManager	24
Figure 21 : Exemple d'équipement associé à un acteur dans MOSAR ScenarioManager	25
Figure 22 : Exemple d'équipement associé à un acteur dans MOSAR ScenarioManager	26
Figure 23 : Configuration des paramètres d'environnement optionnels	27
Figure 24 : Exemple de scénario avec paramètre d'environnement	28
Figure 25 : Exemple d'évènement affiché dans MOSAR ScenarioManager	29
Figure 26 : Exemple d'évènement affiché dans le storyboard	30
Figure 27 : Synoptique de l'approche de collecte de scénario	31
Figure 28 : Exemple d'une infrastructure abstraite (à gauche) et d'une infrastructure réelle (à droite)	32
Figure 29 : Les différentes catégories d'infrastructures de haut niveau	33
Figure 30 : Processus de construction de scénarios logiques	34
Figure 31 : Un exemple de scénarisation	35
Figure 32 : Exemple d'un cutin avant rescénarisation	36
Figure 33 : Exemple d'un cutin après rescénarisation	36
Figure 34 : Processus de recueil des scénarios concrets	37

Glossaire

MOSAR	Plateforme logicielle développée par l'IRT SystemX et dont le composant MOSAR ScenarioManager est utilisé pour constituer la bibliothèque de scénarios du lot 2.3 de SAM.
Storyboard	<p>Le terme storyboard désigne, dans le jargon de l'industrie cinématographique, une "Suite de dessins correspondant chacun à un plan et permettant (lors de la préparation d'un film) de visualiser le découpage."</p> <p>On fait ici l'analogie avec le storyboard du cinéma en remplaçant les <i>plans</i> par les scènes du scénario, le storyboard est ainsi une vue des différentes scènes du scénario et présente leur enchaînement ainsi que les événements et actions qui font la transition entre les scènes.</p>
Événement	Au sein du modèle de données de descriptions de scénarios de MOSAR ScenarioManager, le terme événement est utilisé de manière plus large que sa définition partagée dans le glossaire SAM [SAM 1.1.1]. Il fait référence ici plutôt à la définition générale : "Tout ce qui se produit, arrive ou apparaît". Ainsi un <i>événement</i> peut être le changement d'un paramètre dans l'environnement de l'ego (comme définit par le glossaire partagé), mais il peut également être une <i>action</i> (modification de l'état du véhicule ego).
Infrastructure	<p>L'infrastructure désigne l'environnement statique dans lequel les acteurs du scénario peuvent évoluer. Il s'agit, sauf cas très particuliers, de la route et des éléments qui la compose. L'infrastructure n'évolue pas au cours du scénario.</p> <p>On considère dans l'infrastructure l'équivalent des layers 1, 2 et 3 du modèle définit par Pegasus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L1 -Road layer geometry. Road unevenness(openCRG), => physical description, no scenario logics • L2 -Road furniture and Rulestraffic signs, railguards, lane markings, bot dots, police instructions => including rules, where to drive how <p>L3 -Temporal modifications and eventsRoad construction, lost cargo, fallen trees, dead animal => temporary objects minimizing / influencing the driving space</p>
PFA	Plateforme automobile
PHN	Paramètres Haut Niveau
ODD	Operational Design Domain
SAM	Sécurité et Acceptabilité de la conduite et de la Mobilité autonome
STPA	Système de Transports Publics Automatisés
SOTIF	Safety Of The Intended Functionality
SVR	Projet IRT SystemX "Scénarios Véhicules Robots et navettes autonomes"
VP	Véhicule Particulier
XP	Expérimentation

Résumé exécutif

Le déploiement de systèmes de transport autonome que ce soit pour les Véhicules Particuliers (VP) ou pour les Systèmes de Transports Publics Automatisés (STPA) aura un fort impact sur l'évolution de la société, en termes de sécurité, d'environnement, d'urbanisme. En plus d'élargir l'accès à la mobilité, ces systèmes peuvent également contribuer à réduire le nombre d'accidents et d'accidents liés à la conduite automobile.

La sécurisation des véhicules de conduite automatisée est l'un des facteurs les plus importants et aucun système n'a aujourd'hui fait la preuve de sa capacité à tenir les exigences requises. Elle englobe plusieurs aspects qui nécessitent des approches spécifiques dépendantes du type du système, de son environnement et conditions opérationnelles, ainsi que des niveaux de sécurité à atteindre. Il faut :

- Sécuriser le système vis-à-vis de dysfonctionnements internes (« safety »),
- Protéger le système des attaques extérieures (cyber sécurité ou « security »),
- Eviter des prises de décisions erronées par le système dues par exemple à une mauvaise interprétation de son environnement par celui-ci au travers de ses capteurs (« fonctionnel sûr » ou « Safety Of The Intended Functionality »),
- Empêcher le conducteur ou l'opérateur de faire une mauvaise utilisation du système (les mésusages potentiellement prévisibles).

Pour la démonstration de la sécurité d'un tel système, il est nécessaire de disposer de méthodologies et référentiels communs partagés entre toutes les parties prenantes (constructeurs, opérateurs, collectivités et autorités, etc.). Il est notamment nécessaire de disposer de référentiels d'objectifs de sécurité, d'un catalogue de scénarios critiques pertinents pour la démonstration de la sécurité, ainsi que de plusieurs méthodes complémentaires permettant de démontrer les niveaux d'atteinte des objectifs de sécurité (selon le type de système à tester dans leur environnement et contextes opérationnels) suivant une approche globale cohérente.

Le présent livrable a donc pour objectif de proposer un référentiel de description de scénario pertinent pour la démonstration de la sécurité d'une part et de détailler le processus de collecte et de construction des scénarios d'autre part. Il est à noter que ce document est destiné à être enrichi et complété au fur et à mesure de l'avancement du projet en fonction des retours des partenaires et des travaux réalisés dans le cadre du groupe de travail validation de la sécurité.

Ce livrable s'appuie sur les définitions, les descriptions de parcours et de fonctions testées dans SAM disponibles dans les livrables L1.1.1 (méthodologie de description des cas d'usages) et L1.1.2 (descriptions des cas d'usages de SAM) livrés en Février 2020.

Introduction

Dans le contexte général du développement des véhicules autonomes, la question de la sûreté de fonctionnement devient primordiale. En effet, il s'agit non seulement de pouvoir déployer des véhicules autonomes mais aussi et surtout de déployer des véhicules autonomes sûrs.

Afin d'arriver à démontrer la sécurité d'un système transport autonome (véhicule particulier ou système de transports publics automatisés), il est nécessaire de disposer de référentiels d'objectifs de sécurité communs partagés entre toutes les parties prenantes (constructeurs, opérateurs, collectivités et autorités, etc.).

Les objectifs de sécurité qui sont définis au niveau système de transport seront à décliner sur les systèmes constituants selon le type de système. Cette déclinaison devra être supportée par une méthodologie partagée à définir dans le projet. Elle devra permettre la traçabilité des exigences de sécurité et l'analyse des propagations de changements éventuels au niveau des architectures.

Que ce soit la normalisation par exemple le PAS SOTIF 214482, les travaux de l'Organisation internationale des constructeurs automobiles (OICA), le projet PEGASUS (Allemagne) ou les documents en cours de discussion à la DGITM (2019-10-31_PPTF-SafetyValidation_Positions-France), tous mettent en évidence la nécessité de disposer de catalogue de scénarios pertinents pour :

- Concevoir le système et mettre en adéquation ses fonctionnalités et son domaine opérationnel
- Valider les systèmes via des tests par simulation et physiques (sur bancs, piste, et route)
- Homologuer les systèmes via des tests ou au travers d'audits
- Capitaliser les retours d'expériences

Ce catalogue sera construit tout au long de la durée du projet (livraison prévue T0+36) en partant des scénarios identifiés par les expérimentations (analyse des données remontées par les expérimentations), des analyses de sécurité des parcours, de l'accidentologie, des analyses de risque appliquées aux expérimentations, des travaux réglementaires et normatifs en cours et de la simulation numérique (situations pertinentes qui serviront à la conception et validation de systèmes et la démonstration de leur sécurité).

Le projet définira la notion consensuelle des qualificatifs « critique » et « pertinent ». La constitution d'une bibliothèque de scénarios impose de disposer de données provenant de situations de roulage pour garantir leur représentativité et estimer leur probabilité d'occurrence.

A propos de la tâche 2.3

Le livrable ci-joint s'inscrit comme un des éléments de la tâche 2.3 du projet SAM : «Catalogue de scénarios pertinents pour la simulation et tests physiques ».

La tâche consiste à construire et partager un catalogue de scénarios pertinents pour la démonstration de la sécurité, pour le bien commun attendu par les pouvoirs publics. Des questions de recherche sous-jacentes sont entre autres la définition et la mesure de la pertinence d'un scénario pour la démonstration de la sécurité, l'association des niveaux de criticité à chaque scénario, etc.

L'objectif de ce livrable est de proposer un référentiel de description de scénario pertinent pour la démonstration de la sécurité d'une part et de détailler le processus de collecte et de construction des scénarios d'autre part.

Comme cité ci-dessus, il est à noter que ce document est destiné à être enrichi et complété au fur et à mesure de l'avancement du projet en fonction des retours des partenaires et des travaux réalisés dans le cadre du GT validation de la sécurité.

1. Référentiel de définition de la pertinence des scénarios

1.1. Etat de l'art sur la description des scénarios pertinents pour l'étude de la sécurité

(Remarque : Cette section sera complétée en fonction de la dernière version du document en cours (rédigé par la PFA) et de l'état de l'art qui serait proposé par les contributeurs)

Le document en cours de rédaction par la PFA (RELEVANT SCÉNARIOS Pertinents du 22/05/2020) propose comme définition pour les scénarios pertinents tout scénario mettant en évidence un risque safety ou intervenant dans la définition ou le dimensionnement d'une barrière safety. Ces scénarios sont utilisables dès la phase de conception et jusqu'aux phases de validation et d'homologation.

D'après les travaux allemands publiés dans le papier (Gnandt, 2019; Gnandt, 2019), les scénarios pertinents font référence à tous les scénarios qui contribuent à la validation des véhicules automatisés. Les scénarios pertinents peuvent également être très simples, comme par exemple le début d'une limite de vitesse. Ceci est pertinent pour la certification car un véhicule automatisé doit respecter les règles de circulation en vigueur. Ce type de scénario est pris en compte dans la méthode développée lorsque le comportement du conducteur est caractérisé. Concepts de pertinence

1.2. Concepts de pertinence

1.2.1. Scénarios pertinents

Les scénarios que l'on cherche à collecter sont ceux ayant un intérêt pour la validation de la sécurité de véhicules autonomes, car :

1. Il s'agit d'un scénario fonctionnel, logique ou concret pouvant être utilisé lors de la conception ou la validation d'un système : si le scénario présente une situation pouvant se produire lors de l'utilisation du système et qu'un comportement inadéquat peut aboutir à une situation dangereuse. Le livrable 2.1.1 – « Liste des dangers potentiels » fournit une liste des dangers à prendre en compte dans le cas des véhicules autonomes.

Il peut notamment s'agir de la description d'une situation observée et dans laquelle le système ou son environnement ont été mis en danger (retours d'expérience).

2. Il s'agit d'un scénario logique pouvant être utilisé lors de la validation ou pour l'évaluation de l'efficacité de la sécurité d'un système, car le scénario, dans l'expression de sa variabilité, permet de couvrir un ensemble de situations connues que le système pourra rencontrer.

3. Il s'agit d'un scénario concret faisant partie d'un ensemble de scénarios pouvant être utilisé à des fins d'extraction d'informations statistiques sur les probabilités d'occurrence d'une situation ou sur la distribution des paramètres d'une situation dans un contexte donné.

Dans chacun des cas cités ci-dessus, la notion de pertinence d'un scénario dépend du système auquel il est appliqué. Dans le cadre du lot 2.3 de SAM, le système cible n'est pas défini. Néanmoins le scénario est considéré comme intéressant pour alimenter la bibliothèque de scénarios s'il l'est pour l'un des systèmes expérimentés dans SAM.

1.2.2. Pertinence des paramètres

Dans le cas des scénarios logiques, les seuls paramètres pertinents sont ceux nécessaires et suffisants pour caractériser la situation décrite par le scénario. Tout autre paramètre pourra alors faire l'objet de variations sans remettre en cause la nature du scénario à son niveau logique.

Concernant les scénarios concrets, les paramètres pertinents sont à minima ceux du scénario logique parent. Le scénario doit en outre contenir toutes les informations disponibles sur des paramètres qui peuvent être influents pour un véhicule autonome dans la perception de son environnement ou dans sa prise de décision.

Une nouvelle fois, le scénario n'étant pas ici associé à un système, il n'est pas possible de faire la liste des paramètres influents. Nous nous basons donc sur les paramètres proposés par le format utilisé par MOSAR ScenarioManager qui fournit une liste de paramètres ayant été définie dans le cadre du projet SVA. Ces paramètres permettent notamment de décrire les scènes ainsi que des paramètres environnementaux connus pour être susceptible de perturber certains capteurs.

Ces paramètres concernent :

- L'infrastructure routière et permettent de préciser la nature du terrain, les éléments qui le compose et les objets qui s'y trouvent ;
- Les différents acteurs présents sur la scène, c'est à dire les autres véhicules et objets dynamiques ;
- Les informations sur le déroulé des événements (les événements et actions ainsi que les paramètres dynamiques des acteurs) ;
- Les informations sur l'environnement, incluant notamment la météo, l'état de la route ou le trafic routier.

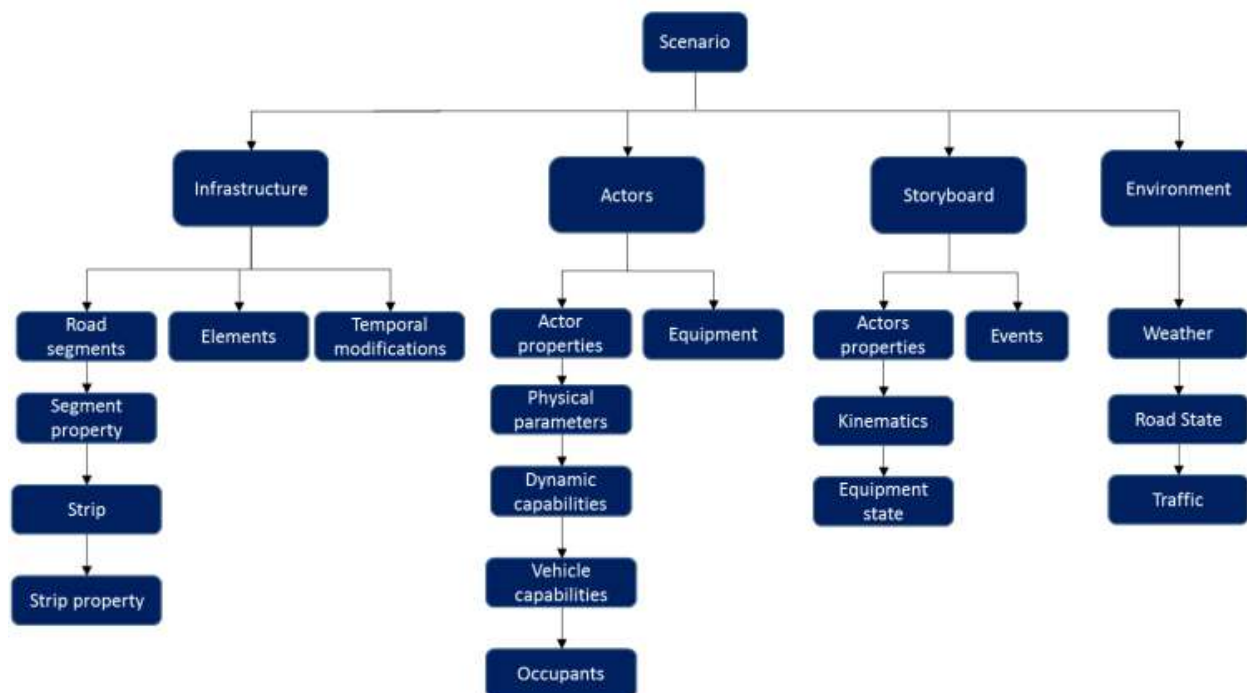


Figure 1 : Illustration des éléments paramétrés qui composent un scénario

1.3. Typologies des scénarios pertinents

Nous traitons ici des fonctions remplies par les différents types de scénarios et ce qui les caractérise dans le contexte du lot 2 de SAM. Le processus complet proposé pour constituer le catalogue de scénarios est détaillé dans la troisième partie de ce document

1.3.1. Scénarios fonctionnels

Dans les différents catalogues de scénarios qui seront produits, les scénarios fonctionnels permettront de regrouper les scénarios logiques par familles¹.

Les types de familles que l'on souhaite créer n'est pas déterminé et sera le fruit d'un travail de regroupement des scénarios logiques qui auront été identifiés en amont.

1.3.2. Scénarios logiques

Les scénarios logiques seront le fruit de ces différentes activités :

- Collecte des scénarios provenant des analyses des expérimentations et des divers documents fournis par les expérimentateurs.
- Travail de regroupement des multiples scénarios collectés pour constituer un jeu de scénarios logiques minimal suffisant pour couvrir, par variabilité, la diversité des situations décrites par les scénarios initiaux.

¹ Contrairement à la définition partagée dans le glossaire SAM, pour les scénarios fonctionnels il n'y a pas ici de lien avec un système ou un comportement attendu.

- Travail de définition des jeux de scénarios logiques adaptés au contexte d'une expérimentation.

Le niveau d'abstraction et la granularité de la définition des scénarios logiques peuvent dépendre de sa source et de l'objectif visé par le catalogue auquel il appartient. En effet un scénario logique peut représenter une situation avec un haut niveau d'abstraction en laissant beaucoup de variabilité possible sur l'infrastructure, les acteurs ou les plages de valeurs des positions et vitesses des acteurs à chaque étape, ou à l'inverse ouvrir des possibilités de variabilité restreintes à un nombre limité de paramètres.



Figure 2 : Exemple de scénario logique ayant un haut niveau d'abstraction

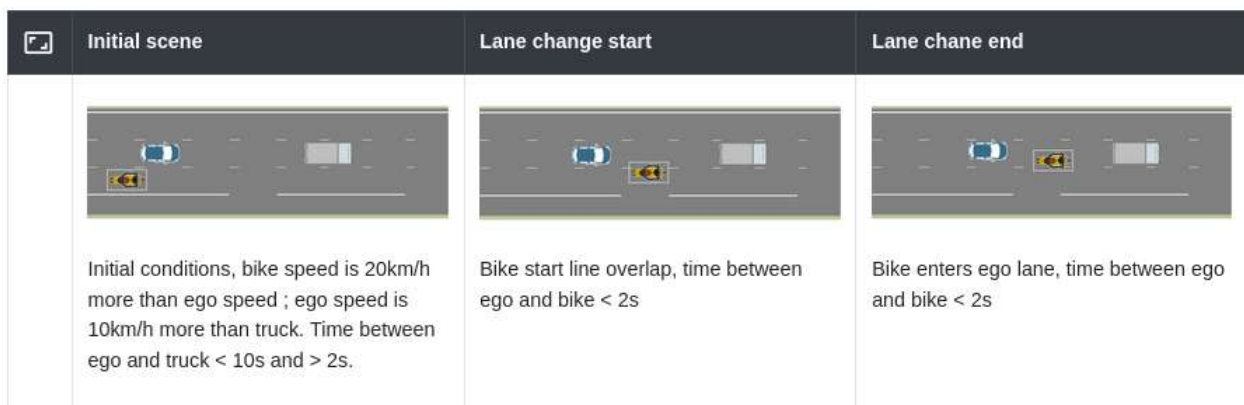


Figure 3 : Exemple de scénario logique ayant un niveau d'abstraction relativement bas

1.3.3. Scénarios concrets

Les scénarios concrets seront utilisés pour décrire des situations observées.

Ces situations observées pourront l'être :

- Par les capteurs d'un véhicule ou d'un élément de bord de route. On dispose dans ce cas, en fonction des données disponibles, d'informations précises pour renseigner les divers paramètres d'un scénario concret.
- Par reconstitution d'un scénario en se basant sur des mesures indirectes ou des témoignages (généralement pour des cas d'accidents ou de relevés d'incidents). Dans ce cas les informations disponibles sont bien moins précises que lorsque qu'enregistrées par des capteurs dont c'est le rôle. Ces scénarios sont tout de même considérés comme des scénarios

concrets car relatant une situation particulière n'ayant pas pour vocation à faire intervenir de la variabilité.

2. Référentiel de description de scénarios

2.1. Outil pour la constitution de la bibliothèque de scénarios

Des accès à l'outil MOSAR ScenarioManager² sont fournis par l'IRT SystemX aux partenaires pour la saisie, la consultation et le partage des scénarios. Cet outil est utilisé comme support à l'établissement des catalogues de scénarios dans le cadre du lot 2 de SAM.

Il permet de créer des catalogues pour chacune des expérimentations ainsi que de constituer des catalogues communs qui pourront être partagés.

L'utilisation d'un tel outil permet notamment :

- La centralisation des scénarios pour faciliter les échanges et le travail collaboratif, notamment via l'utilisation de son interface d'édition en ligne ;
- La manipulation informatique des scénarios, l'outil et le modèle de données utilisé étant conçus pour être directement exploitable par des logiciels tiers ;
- La recherche de scénarios remplissant des critères particuliers grâce au système de filtres fourni par l'outil ;
- La simplification de la gestion des versions et des modifications de scénarios via les fonctionnalités *ad hoc* du logiciel ;
- La gestion et la sécurisation des accès pour l'ensemble des partenaires du projet ainsi que la gestion des permissions assurant la confidentialité des données non partagées entre les partenaires ;
- L'uniformisation du format de description des scénarios.

Le modèle de données de description de scénario de MOSAR ScenarioManager constitue le format de référence pour décrire les scénarios de SAM lot 2.

Ce modèle de données est parcouru dans ses grandes lignes dans cette partie du document. La documentation utilisateur et le guide de référence détaillant chacun des paramètres du modèle de données sont également accessible depuis l'interface graphique en ligne (<https://mosar.irt-systemx.fr>).

2.2. A propos du modèle de données

2.2.1. Modèle de données objet

Le modèle de données proposé pour décrire les scénarios est un modèle de données objet. Il repose sur une hiérarchie d'objets qui sont instanciés en fonction des besoins du scénario à décrire.

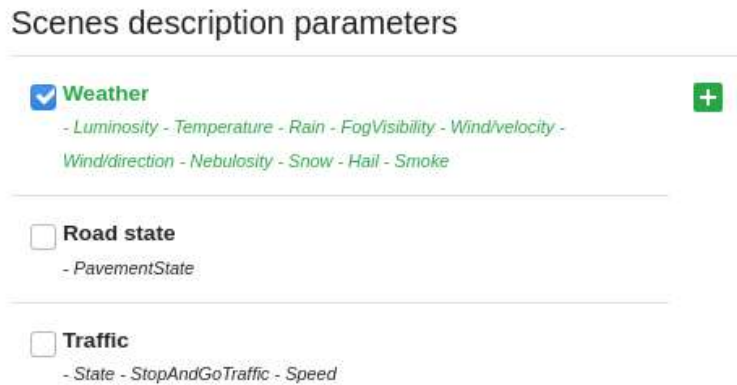
2.2.2. Éléments optionnels

Afin de laisser au concepteur du scénario une assez grande liberté sur ce qu'il veut décrire et pour ne pas le contraindre à renseigner arbitrairement certains champs, la plupart des éléments

² Livrable SAM 2.3-3 (Livré à T0+6)

présents dans ce modèle de données sont optionnels : leur présence n'est pas requise pour qu'un scénario soit valide.

C'est, notamment le cas au niveau des attributs du scénario, des paramètres associés aux étapes, aux acteurs ou encore aux éléments de l'infrastructure : des jeux de paramètres sont optionnels. Il s'agit de groupe d'attributs qui peuvent être spécifiés pour décrire un aspect de l'élément auquel ils se rapportent mais qui ne sont pas requis.



Scenes description parameters

Weather +
- Luminosity - Temperature - Rain - FogVisibility - Wind/velocity -
Wind/direction - Nebulosity - Snow - Hail - Smoke

Road state
- PavementState

Traffic
- State - StopAndGoTraffic - Speed

Figure 4 : Exemple de jeu de paramètre optionnels et sa configuration

2.2.3. Paramètres à niveaux d'abstraction variable

Une autre contrainte forte du modèle de données est de permettre de décrire des scénarios à différents niveaux d'abstraction, puisque la bibliothèque doit pouvoir incorporer des scénarios fonctionnels, logiques ou concrets, venant de sources qui fournissent des niveaux de précision différents selon la source et le paramètre.

Pour permettre cette flexibilité, le modèle de données est conçu pour prendre en charge des paramètres pouvant être spécifiés avec un niveau de précision variable.

Ces paramètres sont systématiquement optionnels et peuvent prendre trois types de valeurs différentes :

- Une valeur concrète, c'est à dire une valeur fixe déterminée ;
- Une plage de valeurs, bornée par une valeur minimale, une valeur maximale ou les deux ;
- Potentiellement une valeur abstraite, qui est spécifiée par une valeur textuelle.

Dans les deux premiers cas, l'unité de quantité associée au paramètre est utilisée. Dans le dernier une interprétation de la valeur sera nécessaire pour exploiter la valeur du paramètre.

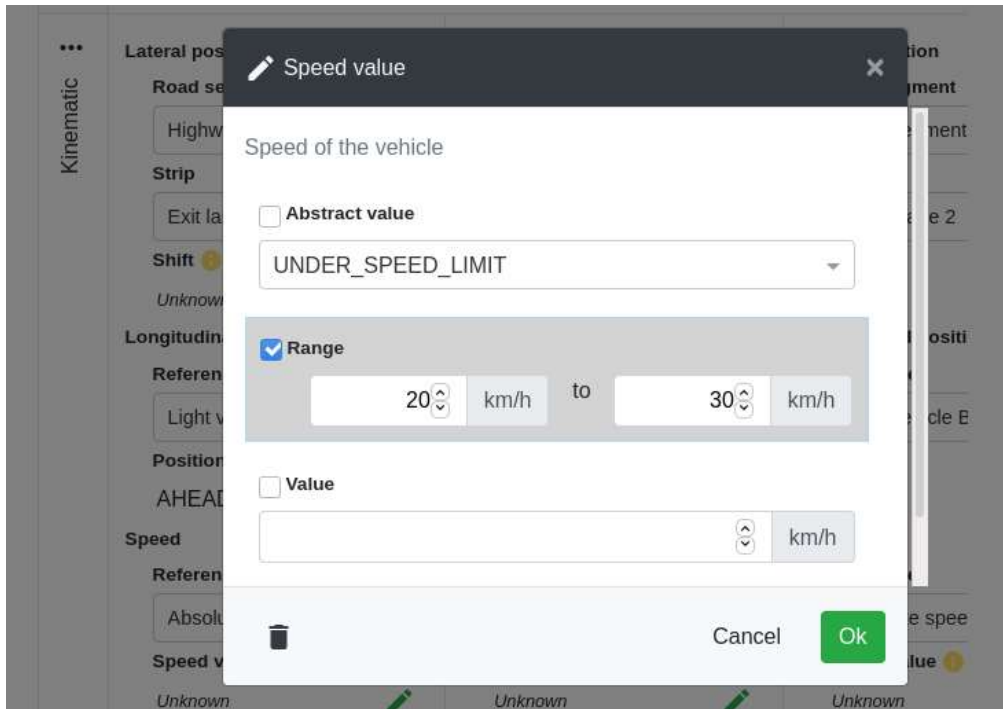


Figure 5 : Exemple de paramètre à niveau d'abstraction variable

2.2.4. Collections et hiérarchie d'éléments

Les éléments principaux d'un scénario (infrastructures, éléments d'infrastructure, acteurs, équipements et évènements) sont des objets pour lesquels il est possible de constituer des collections. Les objets des collections peuvent être copiés dans les scénarios pour faciliter leur description.

Les collections jouent également un rôle essentiel dans la définition de la variabilité : leur structure hiérarchique est constituée de manière à présenter les objets des plus abstraits vers des objets de plus en plus précis. N'importe quel niveau de la hiérarchie peut être utilisée dans un scénario, ainsi un élément abstrait implique que la variabilité qu'il représente comprend notamment les objets dont il est le parent.

Par exemple en cas d'utilisation de la collection d'acteurs ci-dessous :

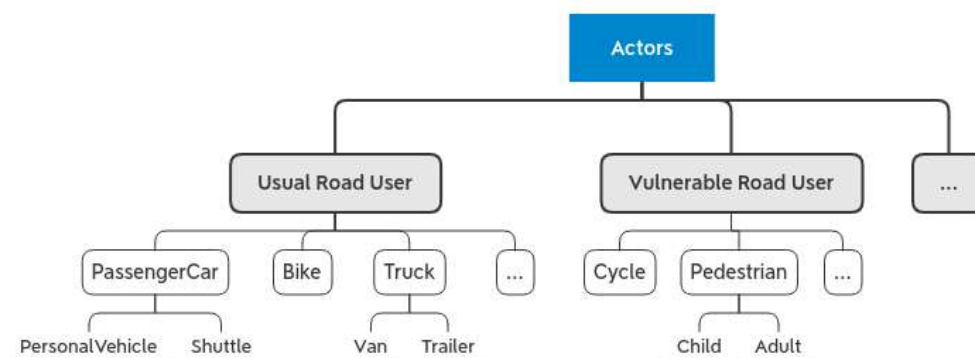


Figure 6 : Exemple de collection d'acteurs

Spécifier un acteur de type “Vulnerable Road User” dans un scénario implique qu’en terme de variabilité il peut d’agir notamment de cycles ou de piétons.

NB : Pour les éléments faisant l’objet de collections dans MOSAR, il est recommandé d’importer une instance existante lors de sa spécification dans un scénario, ceci afin garantir l’homogénéité des scénarios d’un catalogue.

2.2.5. Paramètres personnalisés

Certains objets du modèle de données (éléments d’infrastructure, évènements ou encore équipements associés aux acteurs) peuvent être associés à des paramètres personnalisés : des paramètres qui sont spécifiés par l’utilisateur qui les renseigne.

Les paramètres personnalisés sont définis par un nom, une description, une unité, ainsi qu’un jeu de valeurs abstraites possibles.

Parameters

Type	Name	Description	Unit / Reference	Values
OBJECT_REFERENCE	Collision_With	Referring the collision with another actor	Longitudinal reference ▾	NA
PARAMETER	Collision_Type	Assigning the zone of collision for an actor		FRONT, FRONT_LEFT, FRONT_RIGHT, SIDE, SIDE_LEFT, SIDE_RIGHT, REAR, REAR_LEFT, REAR_RIGHT, TOP, BOTTOM

Figure 7 : Exemple de définition de paramètres personnalisés

Lorsqu’un paramètre personnalisé est associé à un élément du scénario, il est possible de définir la valeur de ce paramètre dans chaque scène dans le storyboard comme pour n’importe quel autre paramètre du scénario.

Important : ces paramètres sont réservés à des usages spécifiques et il convient de limiter leur utilisation au strict nécessaire pour ne pas complexifier l’exploitation des scénarios de la bibliothèque. Ils ne sont par ailleurs utilisable uniquement dans les éléments faisant l’objet de collections afin de permettre la constitution de catalogues de scénarios homogènes.

2.3. Scénario

2.3.1. Vue générale

Un scénario est un élément composé d’acteurs, d’une infrastructure, et de scènes (cf. Figure 4.4). L’élément **Scenario** porte les informations générales sur le scénario, les instances de l’élément **Actor** traitent des éléments dynamiques, l’élément **Infrastructure** porte les informations sur la section d’infrastructure routière sur laquelle se déroule le scénario.

Enfin les instances de l'élément **Step** permettent de décrire les différentes scènes du scénario (son storyboard), et contiennent les informations sur la dynamique des acteurs ainsi que sur l'environnement ou l'état du trafic.

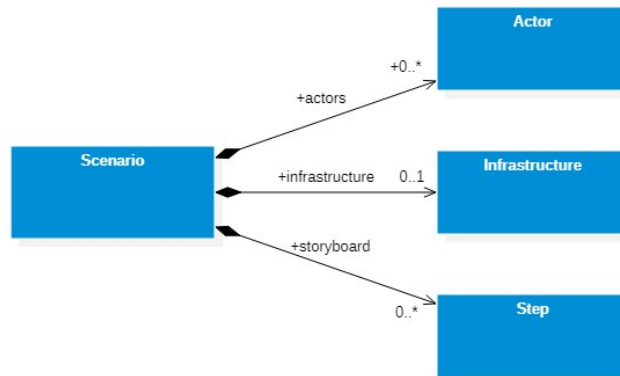


Figure 8 : Structure principale du modèle de données d'un scénario

Chacun de ces éléments est décrit plus précisément dans les chapitres qui suivent.

2.3.2. Détails de l'élément scénario

Outre ses compositions avec les structures principales qui permettent de décrire un scénario (acteurs, infrastructure et storyboard), un objet Scenario possède un certain nombre d'attributs qui fournissent des informations générales sur le scénario : son nom, sa description, son origine, son parent s'il y a lieu et une image permettant de figurer le scénario de manière globale.

Creation Malherbe Estelle <estelle.malherbe@irt-systemx.fr> 5 Feb 2020 09:59	Last update REVERT Erwan <erwan.revert@irt-systemx.fr> 30 Apr 2020 18:22	Submission: Request validation Request Feedback
---	---	--

Scenario

Overview

Description

Un véhicule sur une voie adjacente au véhicule ego effectue un changement de voie pour se positionner devant le véhicule ego.

Tags

Figure 9 : Exemple d'informations générales d'un scénario

A cela s'ajoute des métadonnées qui sont liées au conditionnement du scénario au sein de la bibliothèque de scénarios : son identifiant unique, son état de validation, les groupes auxquels il est associé etc.

Un scénario peut également être enrichi via l'ajout de jeux de paramètres optionnels qui permettent d'ajouter des informations sur le scénario :

- Le jeu d'attribut **Traceability** permet de spécifier des informations relatives à l'origine du scénario.
- Le jeu d'attribut **Accidentology** permet d'ajouter des informations aux scénarios ayant pour origine une base de données d'accidentologie. Il permet de spécifier des informations relatives au cas d'accident que le scénario décrit.

- Le jeu d'attributs **Attachment** permet d'ajouter un fichier attaché à un scénario. Il n'y a pas de contrainte sur le type de fichier attaché. Cela peut, par exemple, permettre d'associer un environnement de simulation à un scénario.
- Le jeu d'attributs **SOTIF** permet d'ajouter des informations sur le sous-système visé et d'ajouter des informations de contexte lorsque le scénario met en scène une situation montrant des conditions susceptibles de perturber la perception du système.

2.4. Storyboard

Le storyboard permet de décrire la chronologie du scénario. Il s'agit de décrire la dynamique des acteurs au cours du temps et les variations de l'environnement et des infrastructures.

La première étape correspond à la scène initiale. Elle spécifie les paramètres initiaux du scénario. Ensuite à chaque variation d'un paramètre (dynamique d'acteur ou d'environnement), une nouvelle scène doit être créée pour faire apparaître les nouvelles conditions.

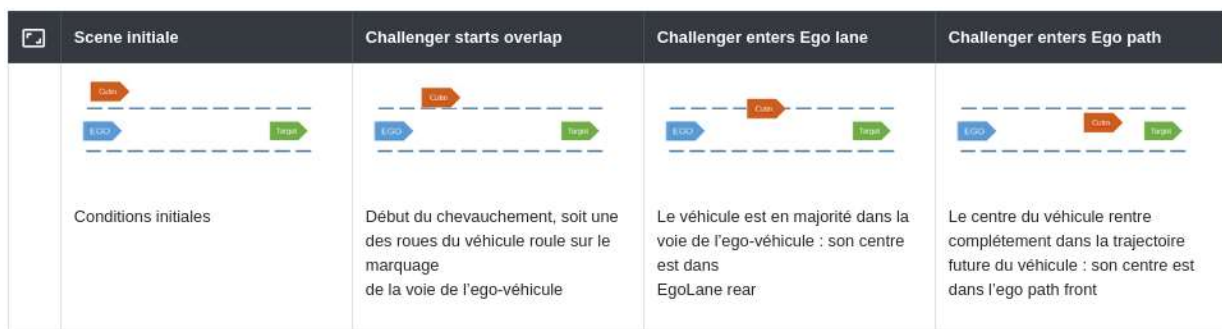


Figure 10 : Exemple de storyboard dans MOSAR ScenarioManager

Chaque scène est constituée des informations générales de l'étape (nom, description et image représentant la scène). Elle est associée à des propriétés pour définir la dynamique des acteurs (positions et vitesse), la dynamique des éléments d'infrastructure (variations de leurs paramètres personnalisés) et les paramètres de l'environnement (**Weather**, **Traffic** ou encore **RoadState**). Ces informations sont répétées (et modifiées au besoin) à chaque étape.

Cutter				
Kinematic	Lateral position	Lateral position	Lateral position	Lateral position
	Road segment	Road segment	Road segment	Road segment
	Main segment	Main segment	Main segment	Main segment
	Strip	Strip	Strip	Strip
	Lane -1	Lane -1	Lane 0	Lane 0
	Shift	Shift	Shift	Shift
	CENTERED	SHIFT_LEFT	OVERLAP_RIGHT	SHIFT_RIGHT
	Longitudinal position	Longitudinal position	Longitudinal position	Longitudinal position
	Reference	Reference	Reference	Reference
	EGO	EGO	EGO	EGO
	Position	Position	Position	Position
	-10 m to 10 m	0 m to 10 m	> 0 m	> 0 m
Speed	Speed	Speed	Speed	
Reference	Reference	Reference	Reference	
EGO	EGO	EGO	EGO	
Speed value	Speed value	Speed value	Speed value	
0 km/h to +30 km/h	0 km/h to +30 km/h	> 0 km/h	> 0 km/h	

Figure 11 : Exemple de spécification des positions et vitesses d'un acteur dans le storyboard

2.5. Infrastructures

La classe **Infrastructure** permet de décrire l'environnement statique sur lequel prend place le scénario. Il s'agit de l'infrastructure de la route — ou terrain — ainsi que les objets fixes qui sont placés dessus.

Highway - 2 lanes with 1 lane exit

Overview



Description

Single highway section with 2 lanes and a highway exit, bordered by a median strip on the left and an emergency lane and a soft strip on the right.

Attachment

Not defined

Road segments

Segment		
>	Segment: Main segment	5 strips 2 lanes
>	Segment: Highway exit	4 strips 1 lanes

Figure 12 : Exemple d'infrastructure affichée dans MOSAR ScenarioManager

Le modèle de l'infrastructure est, tout comme l'ensemble du modèle d'un scénario, conçu dans un but de description à haut niveau du terrain et de la route. Sa description a pour but de remplir deux objectifs :

- Permettre le positionnement des acteurs sur des zones particulières ;
- Définir les éléments caractéristiques qui pourront avoir une incidence sur la pertinence de scénarios s'y déroulant.

Une infrastructure est décrite avec plusieurs éléments :

- Tout d'abord la classe **Infrastructure** comporte les informations générales (label, description et image) de l'infrastructure ;
- Ensuite, la structure de la route est décomposée en **RoadSegments** qui représentent des portions de route homogènes : à partir d'un segment de route initial qui sert de point de départ, toute discontinuité (modification des paramètres de géométrie, de signalisation horizontale, de paramètres extérieurs, etc.) entraîne la création d'un nouveau **RoadSegment**.
- Puis ces **RoadSegments** sont eux-mêmes scindés en **Strips** qui décrivent la composition du segment sur son axe longitudinale ;
- Et enfin les objets statiques (**InfrastructureElements** : éléments de l'infrastructure routière, de signalisation ou tout autre objet présent sur la route) sont positionnés.

Ainsi une infrastructure est composée de **RoadSegment** eux-mêmes décomposés en **Strip**.

En suivant cette logique, une infrastructure représentant une route à chaussées séparées avec une sortie sera décomposée de la manière suivante (cf. Figure 4.12) :

- La route sera décomposée en trois segments : le premier représentant la section courante de la route à chaussées séparées et la seconde le dispositif de sortie, puis éventuellement un troisième segment pour représenter la bretelle ;

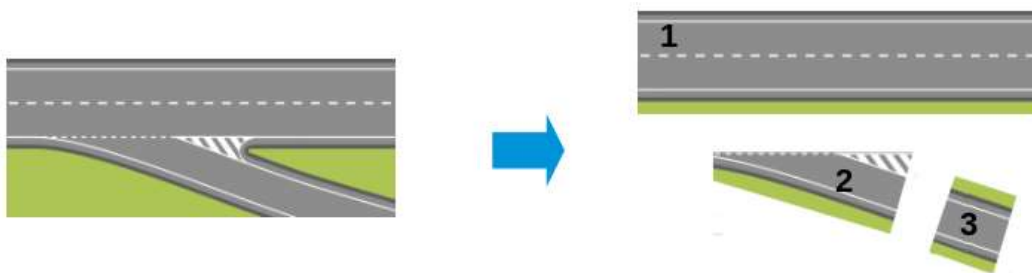


Figure 13 : Décomposition de la route en segments

- Puis le segment de section courante sera décomposé en plusieurs bandes : une **Strip** pour représenter la bande de séparation des chaussées, une **Strip** par voie de circulation, une **Strip** pour la bande d'arrêt d'urgence et enfin une **Strip** pour représenter le bord de la chaussée ;

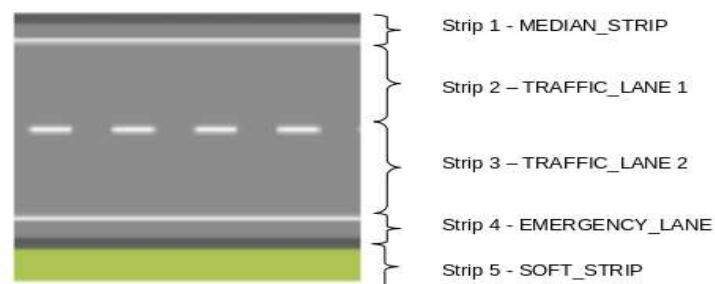


Figure 14 : Décomposition d'un segment en strip

Le segment de sortie sera également décomposé en plusieurs **Strips** : une **Strip** pour le bord de la chaussée à droite avec un zébra, une **Strip** pour la voie et une autre **Strip** pour le bord de la chaussée à gauche.

2.5.1. Attributs d'un segment de route

Un **RoadSegment** représente une portion de la route qui comporte des **Strips** homogènes. Les propriétés de la classe permettent de décrire le segment de manière générale (label et description), une propriété permet de spécifier le type de segment dont il s'agit : une portion d'autoroute, une entrée, une sortie, un péage, ou en encore une zone de réduction ou d'augmentation du nombre de voies.

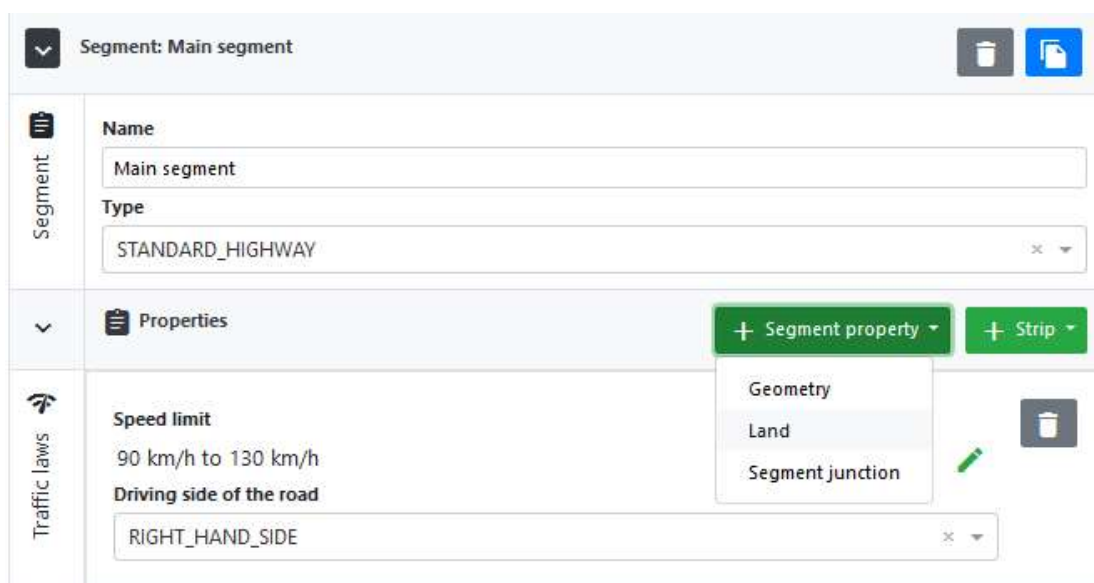


Figure 15 : Exemple de segment infrastructure

A ces propriétés générales peuvent être ajoutées des jeux de paramètres pour préciser les caractéristiques du segment de route.

- Le jeu d'attributs **Junction** permet de définir la position d'un segment par rapport à un autre segment. Cette jonction est spécifiée par la position de la jonction sur le segment joint et l'angle de cette jonction.

Par exemple en reprenant l'exemple précédent (cf. Figure 4.16) :

- Le segment 2 a une jonction avec le segment 1 en son centre sur sa partie gauche (position = LEFT SIDE) avec un angle obtus (angle = WIDE Y ou 120°) ;
- Le segment 3 a une jonction avec le segment 2 à son extrémité (position = SEGMENT END) dans sa continuité (angle = ROW ou 0°).

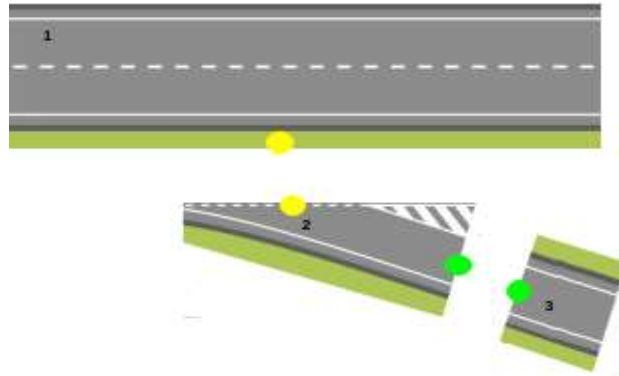


Figure 16 : Exemple de jonction de segments

- Le jeu d'attributs **Geometry** permet de préciser la longueur du segment, la forme de la route sur son axe longitudinal et les éventuelles pentes.
- Le jeu d'attributs **TrafficLawsContext** permet de préciser la réglementation routière qui s'applique aux véhicules circulants sur le segment, comme la limitation de vitesse ou le sens de circulation.
- Le jeu d'attributs **Land** permet de préciser le cadre dans lequel se situe le segment de route, à savoir un environnement urbain, un tunnel, un pont, une forêt...

2.5.2. Description d'une bande de segment de route (Strip)

Une bande de segment de route est une subdivision d'un segment de route sur son axe longitudinal. Il permet de décrire la composition d'un segment de route. La classe **Strip** porte les informations générales sur la bande de segment de route (label, description) et précise le type de bande : voie, bande d'arrêt d'urgence, bande médiane, bande dérasée, porte de péage... Elle porte également l'information sur le sens de circulation autorisé par rapport au sens du segment.

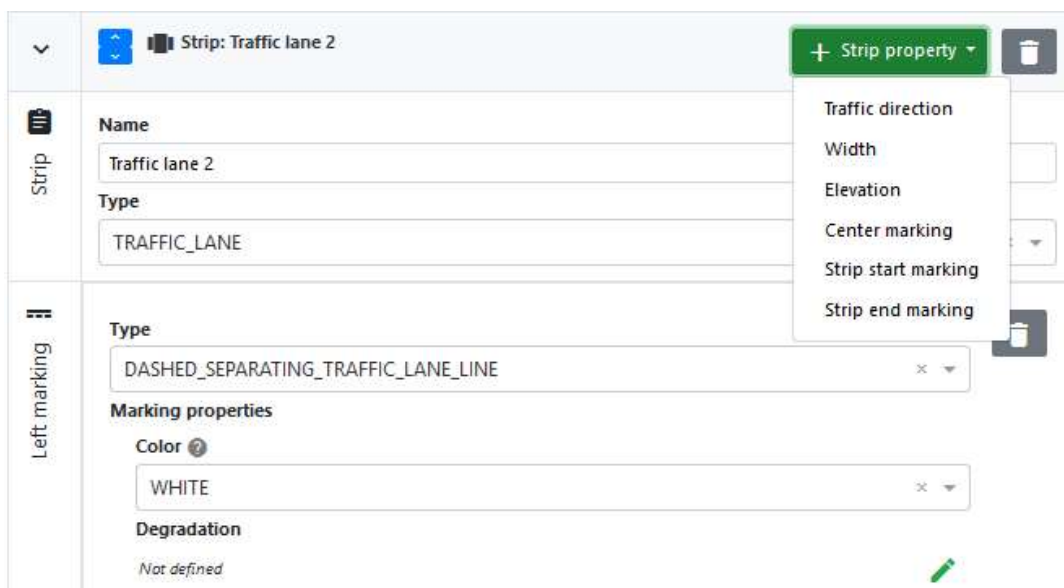


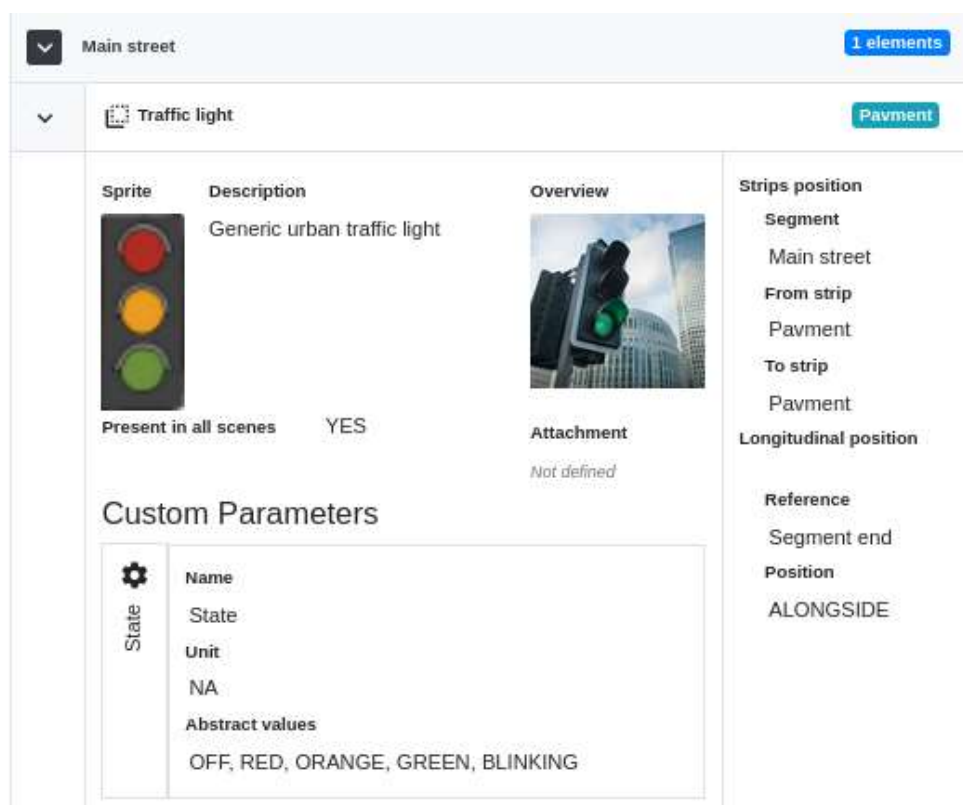
Figure 17 : Exemple de Strip éditée dans MOSAR ScenarioManager

Des jeux de paramètres optionnels permettent de préciser des caractéristiques de la bande de segment de route :

- Le jeu d'attributs [RoadMarking](#) permet de spécifier les caractéristiques d'un marquage au sol : le type de marquage, sa couleur ou son niveau de dégradation.
- Le jeu d'attributs [WidthProperties](#) permet de caractériser la largeur d'une bande d'un segment : sa largeur ou la variation de cette largeur au long du segment de route.

2.6. Éléments d'infrastructure

Les éléments d'infrastructure sont ici tous les éléments positionnés sur l'infrastructure. C'est une structure de données générique qui permet de spécifier une grande variété d'éléments : il peut s'agir d'équipements de l'infrastructure routière (glissière métallique, mur californien, barrière, portiques...), d'objets (cône de lübeck, arbre, obstacle sur la chaussée...) ou de particularités éventuellement temporaires et qui peuvent être positionnées (nid de poule, tâche d'huile...).





Sprite	Description	Overview	Strips position
	Generic urban traffic light		Segment: Main street
Present in all scenes: YES		Attachment: Not defined	From strip: Pavment
			To strip: Pavment
			Longitudinal position
			Reference
			Segment end: Position: ALONGSIDE

Figure 18 : Exemple d'élément d'infrastructure affiché sur MOSAR ScenarioManager

Étant donnée la grande variété de ces éléments, le modèle de données ne permet de fournir que des informations très générales sur ces objets (label, description, image et dimensions) via la classe [InfrastructureElement](#).

Des paramètres personnalisés peuvent être ajoutés aux attributs d'un élément d'infrastructure. Ils permettent de définir des paramètres qui seront associés à l'élément et dont la valeur pourra varier dans le scénario.

Initial conditions	Lane change start	Lane change end	Brake end
<p>Actors</p> <p>Environment</p> <p>Elements</p> <p>Main street / Traffic light</p>			
State ORANGE	State ORANGE	State RED	State RED

Figure 19 : Exemple de paramètre personnalisé d'élément d'infrastructure affiché dans le storyboard

Dans l'exemple ci-dessus, un élément d'infrastructure a été créé pour spécifier la présence d'un feu tricolore. Un paramètre personnalisé a été associé pour préciser son état, qui devient alors un paramètre qu'il est possible de spécifier dans le storyboard.

2.7. Acteurs

Les acteurs représentent tous les éléments dynamiques (potentiellement en mouvement) du scénario. Il peut aussi bien s'agir du véhicule ego que d'autres usagers de la route, des cyclistes, piétons ou encore des animaux.

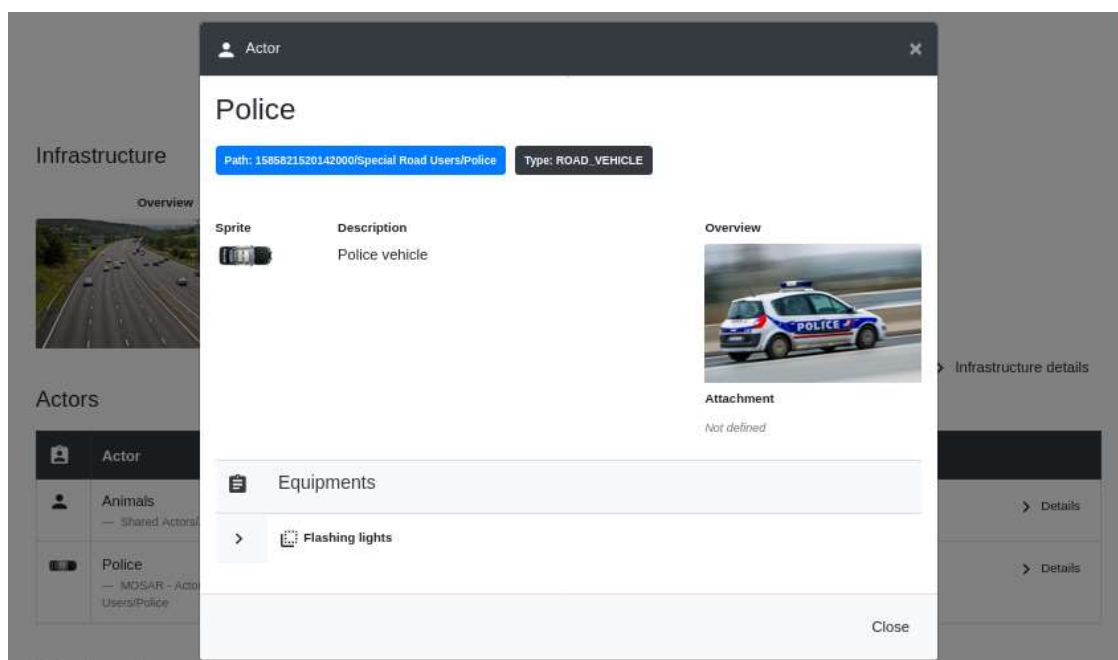


Figure 20 : Exemple d'acteur édité sur MOSAR ScenarioManager

Ici encore, étant donnée la grande variété d'acteurs qui peuvent être décrits, la classe `Actor` ne propose de spécifier que des informations générales sur l'acteur (nom, description, image) et la manière dont il est représenté sur les vignettes des scènes (*sprite*).

Des jeux d'attributs optionnels permettent d'ajouter des caractéristiques aux acteurs :

- Le jeu d'attributs `PhysicalParameters` permet de spécifier les caractéristiques physique d'un acteur : des dimensions, son poids ou encore sa couleur.
- Le jeu d'attributs `DynamicCapabilities` permet de spécifier les caractéristiques dynamiques d'un acteur : son accélération et sa vitesse maximale (`maxSpeed` et `maxAcceleration`).
- Le jeu d'attributs `VehicleCapabilities` permet de spécifier les caractéristiques particulières à un véhicule : le nombre maximal de passagers qu'il peut contenir.
- Le jeu d'attributs `Occupants` permet d'ajouter des informations concernant le chauffeur du véhicule ou son nombre de passagers.

2.8. Équipements

Des équipements peuvent être associés aux acteurs. Ils permettent de préciser certaines de leurs caractéristiques qui peuvent être pertinentes dans la situation décrite par le scénario. A l'instar des éléments d'infrastructure, les équipements sont spécifiés de manière très générale (nom, description, image et *sprite*). Il est cependant possible de leur attribuer des paramètres personnalisés.

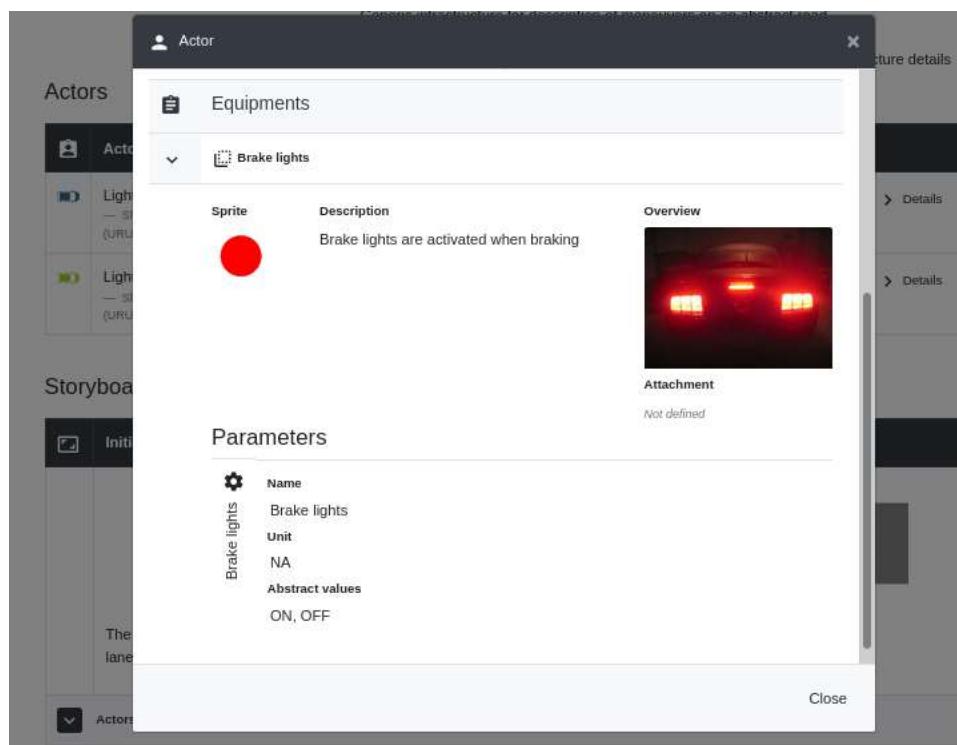


Figure 21 : Exemple d'équipement associé à un acteur dans MOSAR ScenarioManager

L'ajout de paramètres personnalisés sur ces équipements permet notamment d'ajouter des paramètres qui peuvent varier dans le storyboard du scénario. Lorsque des équipements avec paramètres personnalisés sont associés à des acteurs, le storyboard porte, pour chaque scène, la valeur des paramètres.





	Initial scene	Braking	Collision	Spinning
		 The light vehicle (B) makes unintentional stops on the roadway.	 The goods carrier van (A) hits the light vehicle (B) at the rear.	 The light vehicle (B) spins.
Actors				
	<div style="display: flex; align-items: center;"> > <div style="display: flex; align-items: center;"> Carriage of goods A </div> </div>			
	<div style="display: flex; align-items: center;"> < <div style="display: flex; align-items: center;"> Light vehicle B - Blue </div> </div>			
Equipments State	brake lights Brake lights OFF	brake lights Brake lights ON	brake lights Brake lights ON	brake lights Brake lights OFF

Figure 22 : Exemple d'équipement associé à un acteur dans MOSAR ScenarioManager

2.9. Environnement

Les informations sur l'environnement (météo, état du trafic, état de la chaussée) sont des jeux d'attributs qu'il est possible de renseigner pour chaque scène dans un scénario.

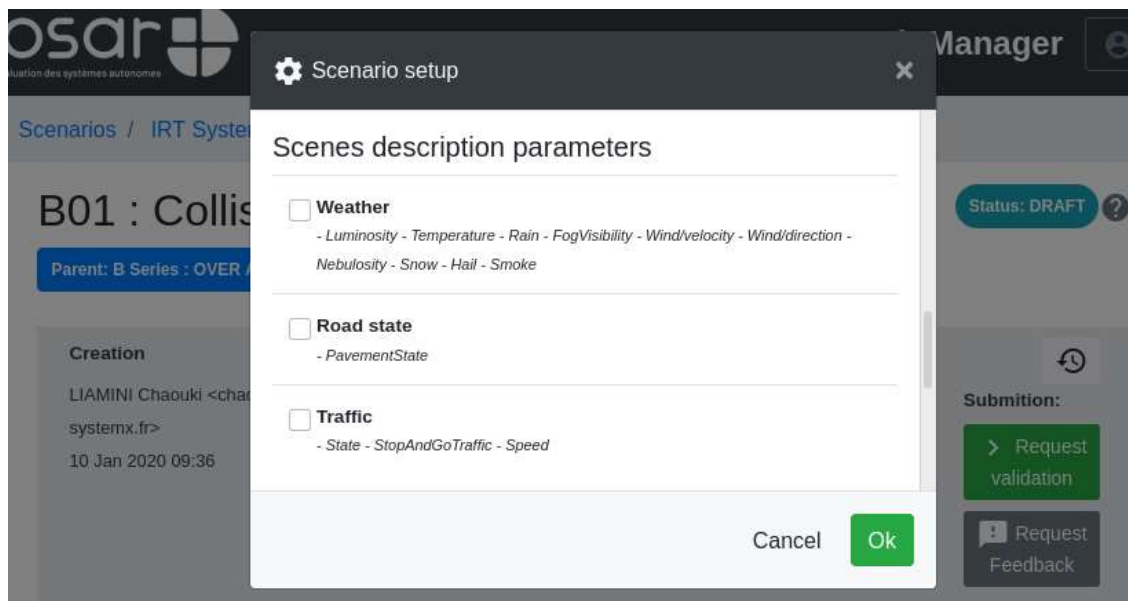


Figure 23 : Configuration des paramètres d'environnement optionnels

Ces éléments sont optionnels, le choix des jeux de paramètres du scénario est spécifié dans la configuration du scénario :

- Le jeu d'attributs **Weather** permet de spécifier les conditions météorologiques à chaque étape du scénario (luminosité, pluie, vent, neige, grêle, brouillard, ou présence de fumées).
- Le jeu d'attributs **Traffic** permet de spécifier des conditions particulières de trafic (fluide ou embouteillé) et la présence de phénomènes de circulation en accordéon.
- Le jeu d'attributs **RoadState** permet de spécifier l'état de la chaussée (sèche, humide, inondée, gelée...).

Lorsque des jeux d'attributs sont associés à un scénario, leurs valeurs peuvent être paramétrées dans chaque étape du storyboard dans la section "Environment".






Initial Scene	CIPV brakes	CIPV starts to overlap	CIPV exits Ego lane	Final scene
 This scene is taken 3 seconds before the scene "CIPV brakes"	 CIPV brakes	 CIPV starts to overlap the EGO lane to the lane adjacent to the ego lane	 CIPV exits ego lane	 This scene is taken 3 seconds after the last scene registered
Actors				
Environment				
Traffic				
State SATURATED Stop and go traffic <i>Not defined</i> Traffic speed < 10 km/h	State SATURATED Stop and go traffic <i>Not defined</i> Traffic speed < 10 km/h	State SATURATED Stop and go traffic <i>Not defined</i> Traffic speed < 10 km/h	State SATURATED Stop and go traffic <i>Not defined</i> Traffic speed < 10 km/h	State SATURATED Stop and go traffic <i>Not defined</i> Traffic speed < 10 km/h

Figure 24 : Exemple de scénario avec paramètre d'environnement

2.10. Évènements

Outre les scènes qu'il est possible de décrire dans le storyboard, le modèle de données permet également de spécifier des évènements³.

Acceleration

Sprite	Description
	Vehicle is accelerating
Attachment	Not defined

Parameters

Type	Name	Description	Unit / Reference	Values
PARAMETER	AverageAcceleration	Describes the average acceleration of the maneuver	m/s ²	LIGHT, NORMAL, STRONG

Figure 25 : Exemple d'évènement affiché dans MOSAR ScenarioManager

Les évènements font l'objet de collections, et sont définis par des paramètres généraux (nom, description, image et sprite) et peuvent être agrémentés de paramètres personnalisés. Les évènements peuvent être ajoutés pour préciser certaines grandeurs qui ne sont pas spécifiées par les paramètres standards dans le storyboard ou pour signifier clairement la survenue d'un évènement qui transparaîtrait dans ces paramètres.

Lors de son insertion dans un scénario, chaque évènement est associé à une scène de début et de fin (correspondant respectivement à l'instant du début de l'évènement et à l'instant de fin de l'évènement). On peut y modifier les valeurs des paramètres qui le composent.

³ Le terme "évènement" ici peut faire référence à un évènement ou une action selon le glossaire partagé SAM.





	Initial scene	Step 2	Collision
	 <p>The light vehicle (A) is in the opposite direction on the left lane.</p>	 <p>The vehicle brakes.</p>	 <p>Head-on Collision between both vehicles</p>
<p><</p>  Light vehicle A - Blue			
<p>***</p> <p>Events</p>		<p>Deceleration</p> <p>Lag</p> <p>LOW</p> <p>Type</p> <p>EMERGENCY_BRAKING</p>	<p>Collision</p> <p>Collision_With</p> <p>Light vehicle B - Green</p> <p>Collision_Type</p> <p>FRONT</p>

Figure 26 : Exemple d'évènement affiché dans le storyboard

3. Processus de collecte et de construction des scénarios

Pour chaque expérimentation, l'IRT SystemX adoptera la même approche pour pouvoir rentrer des scénarios pertinents dans la bibliothèque MOSAR. Cette approche nécessite une interaction forte entre les expérimentateurs et l'IRT SystemX.

Données d'entrées :

Description du parcours
Description du contexte (yc. Acteurs, type de site...)
Cartographie du parcours (yc. Nb de voies, marquages, pont...)
Éléments d'infrastructure (yc. feux / panneaux)
Infos EGO

Scénarios identifiés
⇒ Mission
⇒ Analyse de risques
⇒ Analyse de parcours
⇒ Situations rencontrées
Description de l'ODD (yc. Conditions météo...)
Disponibilité de PHN*

Données de roulage

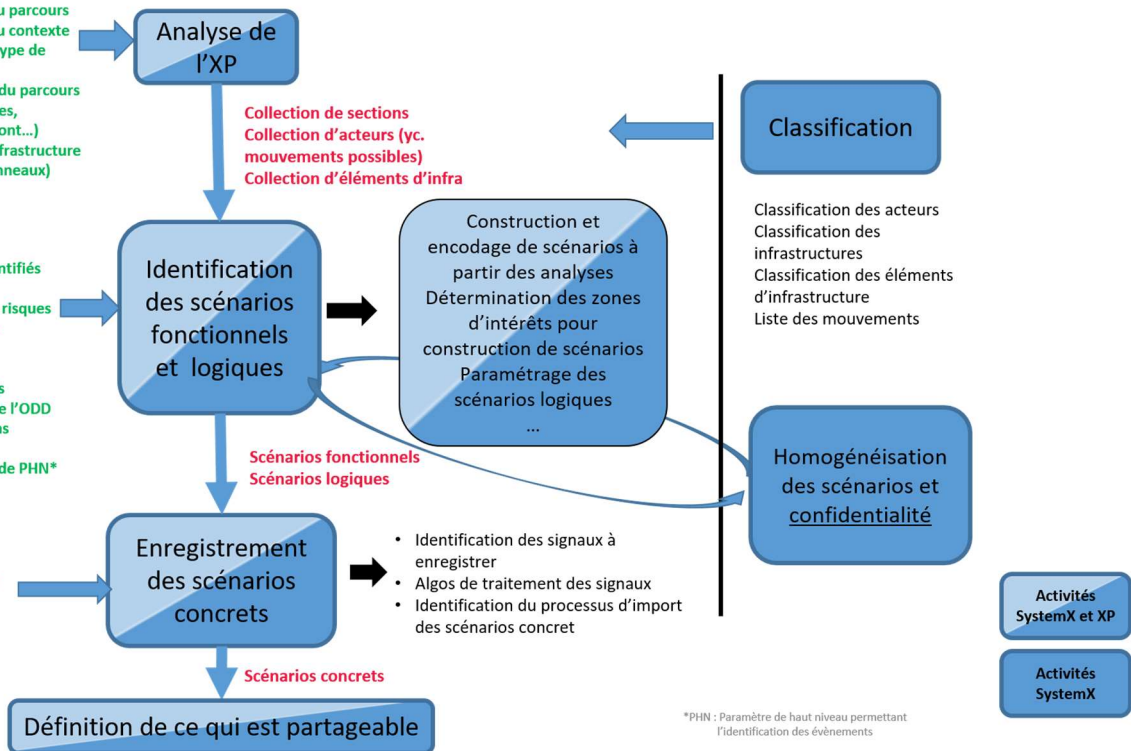


Figure 27 : Synoptique de l'approche de collecte de scénario

La synoptique de l'approche de collecte de scénario est présentée en Figure 27. Les éléments en vert sont les données d'entrées provenant des expérimentateurs. Les activités schématisées en bleu foncé sont les activités qui seront réalisées par l'IRT SystemX. Les activités en bicolores bleue et blanche sont les activités qui seront réalisées en interaction entre les expérimentateurs et l'IRT SystemX. Les données de sortie des activités sont présentées en rouge. Les activités de la colonne de droite représentent les activités transverses avec l'homogénéisation des différentes collections et des différents scénarios collectés.

Les différentes parties de cette synoptique seront détaillées dans les paragraphes qui suivent.

3.1. Analyse de l'expérimentation

Le but de cette partie est de remplir les différentes collections de Mosar (d'infrastructures, d'acteurs, ...) qui vont être nécessaires pour rentrer des scénarios. Pour remplir la collection d'infrastructures, nous avons donc besoin de description du parcours et sa cartographie. Nous avons aussi besoin de remplir la collection d'éléments d'infrastructures, pour cela nous avons besoin d'une description des différents éléments qui seront présents sur le parcours de l'expérimentation.

Les infrastructures seront d'abord rentrées à un niveau abstrait. Si un expérimentateur veut préciser une infrastructure, il peut le demander pour que celle-ci soit étudiée au niveau réel. Par exemple, pour des sections d'infrastructures à la géométrie particulière.

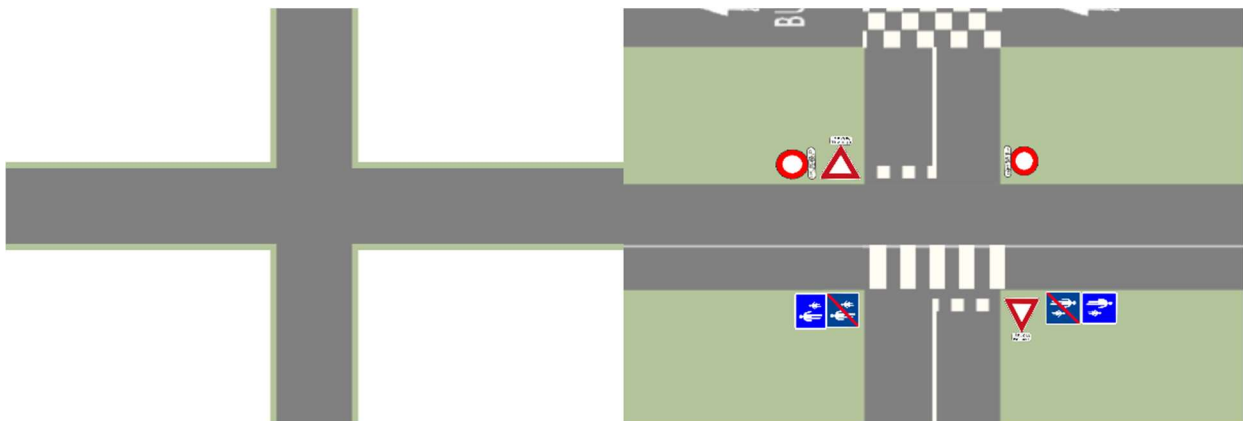


Figure 28 : Exemple d'une infrastructure abstraite (à gauche) et d'une infrastructure réelle (à droite)

Le contexte (acteurs, type de site ...) nous permet de vérifier que la collection des acteurs de Mosar est suffisante et contient bien tous les intervenants possibles. Les informations de l'EGO vont nous permettre de vérifier que l'acteur de référence est bien renseigné.

En sortie, nous avons donc les différentes collections de Mosar remplies.

Une fois toutes les collections remplies, les scénarios logiques peuvent être renseignés. Le scénario logique se situera sous l'infrastructure choisie. Le titre de ce scénario précisera les acteurs impliqués ainsi que l'évènement associé.

3.2. Activités transverses

L'homogénéisation des différentes collections est une activité transverse à mener par SystemX.

En effet, il est important que le même scénario soit renseigné de la même façon même si l'expérimentateur est différent. Pour cela, nous proposerons aux expérimentateurs une arborescence commune d'infrastructures de haut niveau, une collection commune d'acteurs, une collection commune d'éléments d'infrastructures et une collection commune de mouvements. Lors du renseignement des scénarios, l'IRT SystemX sera en support ou en relecture pour garantir l'homogénéisation.

3.2.1. Arborescence commune d'infrastructure de haut niveau

Une arborescence commune d'infrastructure a été établie pour toutes les expérimentations.

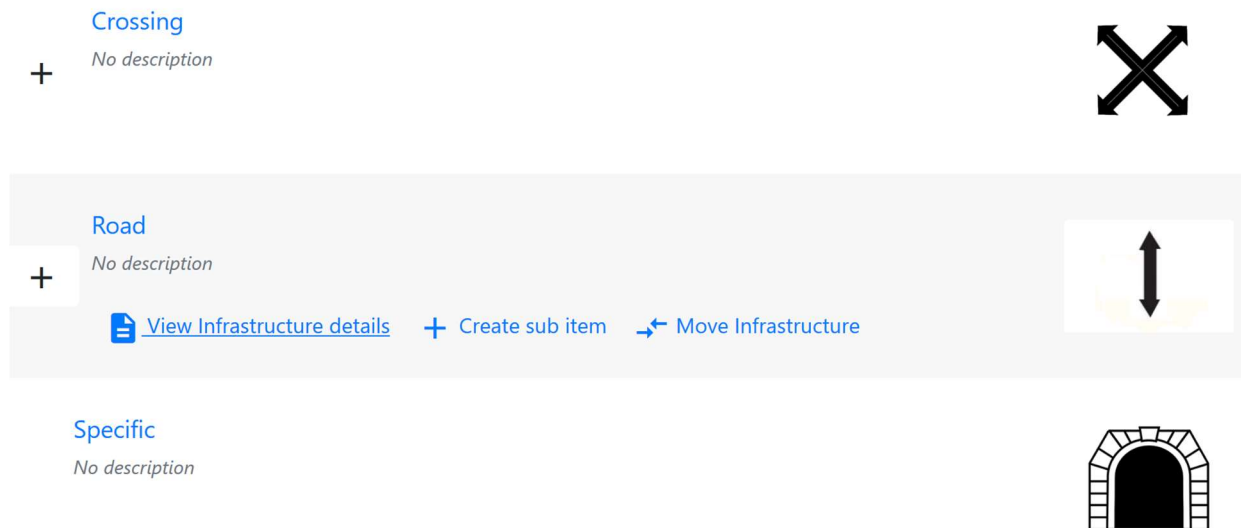


Figure 29 : Les différentes catégories d'infrastructures de haut niveau

Cette collection d'infrastructures de haut niveau est séparée en trois catégories (Cf. Figure 29) : les intersections, les routes et les infrastructures spécifiques (exemple : parking ou tunnel).

Les infrastructures sont de plus en plus précises au fur et à mesure de la profondeur. Par exemple, un rond-point à 4 sorties fait partie du groupe rond-point et le groupe rond-point fait partie du groupe intersection. Le plus bas niveau d'infrastructure reste cependant abstrait. En effet, une infrastructure réelle pourra être décrite dans le container spécifique à l'expérimentation (par exemple suite à la demande d'un expérimentateur pour une section avec une géométrie particulière). Elle ne sera donc pas décrite dans la collection commune pour garder la confidentialité des scénarios qui en découlent.

3.2.2. Collection commune d'acteurs

Pour simplifier la description des acteurs, nos travaux se sont basés sur une collection commune d'acteurs pour toutes les expérimentations. Cette collection reprend la résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) de l'ONU-CEE. Les véhicules y sont classés en catégories, par exemple, la catégorie *M - Véhicules à moteur ayant au moins quatre roues et affectés au transport de personnes* [ClassifVéhicules].

3.2.3. Collection commune d'évènements

Cette liste a été mise en place suite à un groupe de travail de plusieurs projets à l'IRT SystemX. Les évènements peuvent venir de l'acteur de référence ou d'acteurs extérieurs. L'accélération, l'insertion ou le fait d'effectuer un virage sont des exemples de mouvements.

3.3. Création des scénarios fonctionnels et logiques

Cette partie traite du remplissage des scénarios logiques dans la bibliothèque et vient préciser le processus présenté en Figure 27. Le processus de construction des scénarios logiques est présenté en Figure 30. L'identification des scénarios sera présentée en partie 3.3.1, une précision sur la scénarisation sera expliquée en partie 3.3.2 et enfin l'agrégation en scénario logique sera présentée en partie 3.3.3.

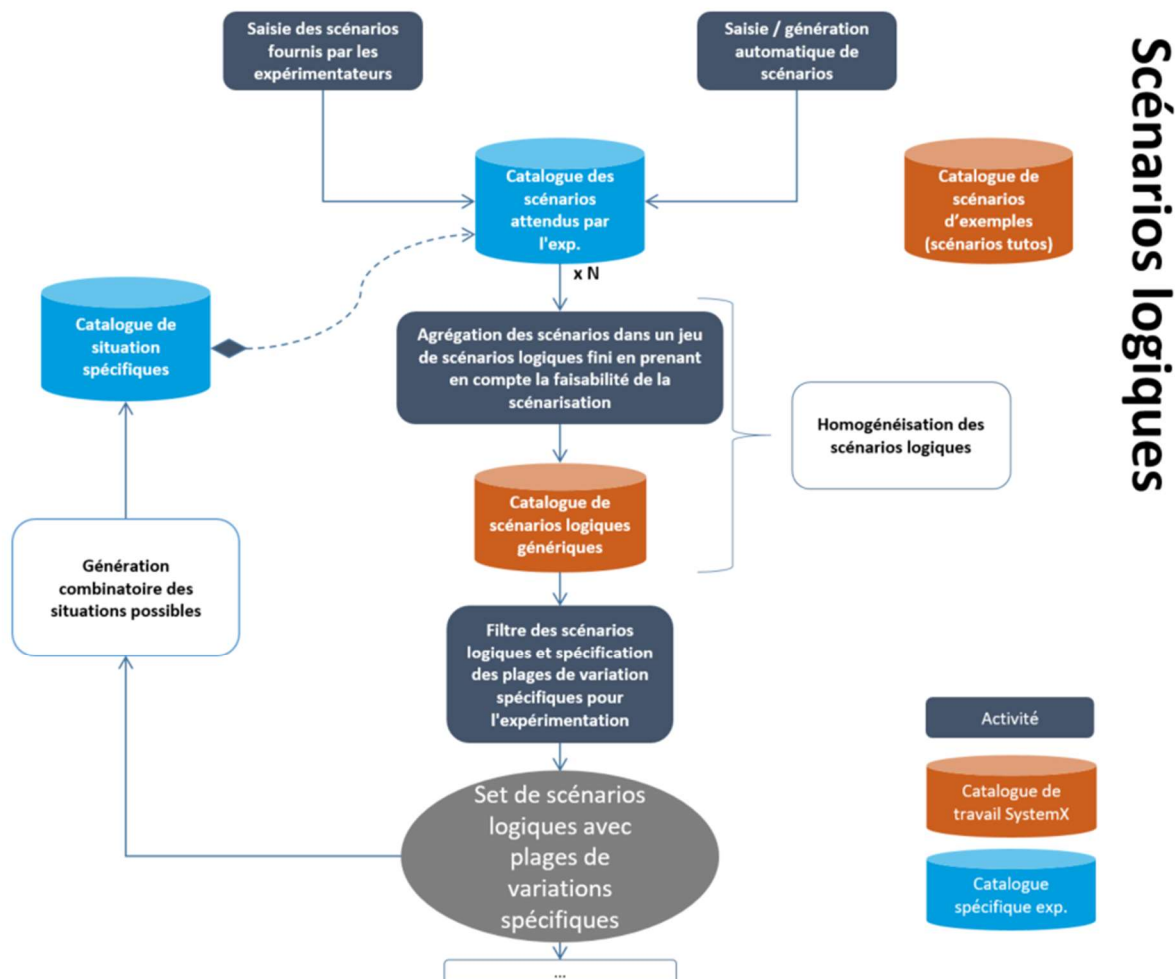


Figure 30 : Processus de construction de scénarios logiques

3.3.1. Identification des scénarios

Tout d'abord, un container pour pouvoir renseigner des scénarios sera fourni à chaque expérimentation. Les scénarios qui le rempliront pourront être trouvés selon deux méthodes : soit par identification des expérimentateurs soit par une approche théorique.

Les scénarios provenant des expérimentateurs peuvent avoir plusieurs sources : de l'analyse de la mission du véhicule, d'une analyse de risques, d'une analyse de parcours, des situations rencontrés, d'un retour d'expérience... Ces éléments peuvent permettre de rentrer des scénarios fonctionnels ou logiques dans le container.

Une approche théorique peut aussi être mise en place. Par exemple, nous pouvons utiliser la méthode provenant du projet SVR [AlgoSVR]. Cette méthode a pour but de trouver des situations de collision potentielle. Il faudra alors définir des zones d'intérêts sur l'infrastructure où on souhaite utiliser la méthode ainsi que les acteurs intervenants.

L'arborescence des scénarios logiques se fera de la façon suivante. La collection commune d'infrastructure sera la base de la structure et sera éventuellement complétée par les sections particulières de l'expérimentation. Les scénarios seront rentrés sous l'infrastructure correspondante avec un titre spécifiant les acteurs engagés et l'évènement (ou mouvement) du scénario.

3.3.2. Précision sur la scénarisation des scénarios

Le scénario sera décrit en plusieurs scènes : la première scène vient poser les conditions initiales, la ou les scènes suivantes décrivent la situation au moment du déclenchement de l'évènement associé (à la scène), la dernière présente la situation finale. Cette situation finale est optionnelle. Lors de la situation finale, la position du véhicule ego n'est pas décrite. En effet, selon le système sa réaction ne sera pas la même. Un exemple de scénarisation est présenté en Figure 31.

Storyboard




📄	Initial condition	New event	Final situation
	 <p>Ego Vehicle and vehicle "A" are in separated lanes.</p>	 <p>Vehicle "A" is changing lane.</p>	 <p>Vehicle "A" is now in front of the Ego Vehicle.</p> <p>Important: Ego vehicle behavior is not described. The behavior depends on the system implemented.</p>

Figure 31 : Un exemple de scénarisation

3.3.3. Agrégation des scénarios dans un jeu de scénarios logiques fini en prenant en compte la faisabilité de la scénarisation

Au vu du nombre des expérimentations, le nombre de scénarios total peut s'avérer grand.

SystemX propose donc de regrouper (agrèger) les scénarios en un jeu de scénarios logiques fini. Pour cela un groupe de travail est mis en place pour déterminer les critères de regroupement. Une hypothèse de regroupement serait, par exemple, de regrouper les scénarios par mouvement (ou manœuvre).

Lors des roulages, des capteurs enregistrent un certain nombre de valeurs. Ces valeurs sont transformées en Paramètre de Haut Niveau (PHN) pour les rendre compréhensible par l'homme. Les disponibilités des PHN des données de roulage sont ainsi à prendre en compte pour réaliser la scénarisation. En effet, les disponibilités des PHN permettent d'axer les scénarios logiques selon les données observables. La description d'un scénario logique et sa scénarisation pourra être différente selon la disponibilité de l'information à observer. Les scénarios concrets seront

par la suite reliés aux scénarios logiques. Il y aura donc potentiellement une adaptation de la scénarisation des scénarios logiques.

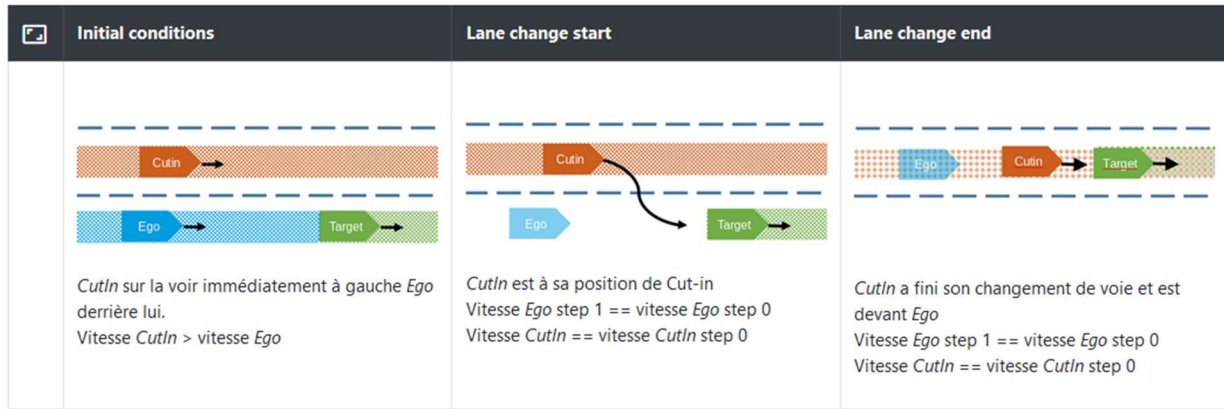


Figure 32 : Exemple d'un « cut-in » avant rescénarisation

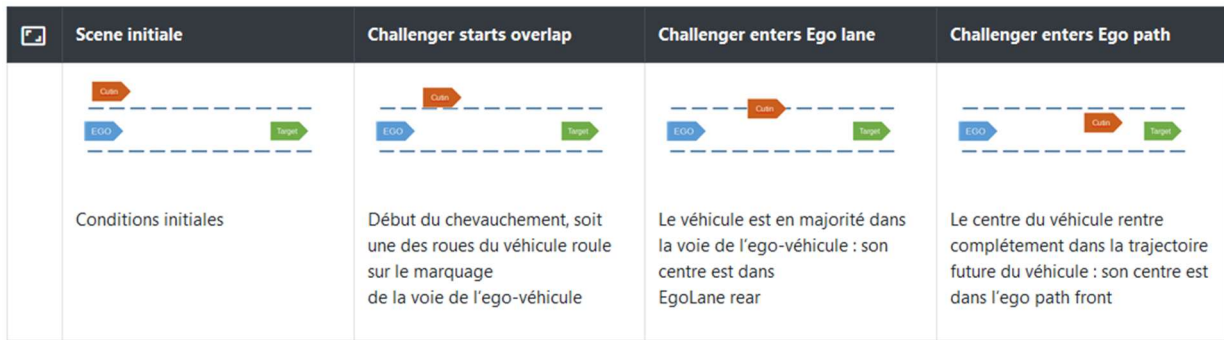


Figure 33 : Exemple d'un « cut-in » après rescénarisation

Une fois cette étape d'agrégation d'effectuer, une collection finie de scénario générique de haut niveau avec une grande variabilité sera disponible.

Depuis cette collection, il sera possible de filtrer les scénarios spécifiques à une expérimentation. Pour cela, il faudra spécifier les plages de valeurs correspondantes aux acteurs, aux infrastructures...

Cette étape permettra de de trouver un set de scénarios logiques avec les plages de variations spécifiques à l'expérimentation.

La génération de la combinatoire complète sur ce set est une étape théorique qui doit pouvoir permettre de retrouver au moins tous les scénarios rentrés dans le premier container de l'expérimentateur.

3.4. Enregistrement des scénarios concrets

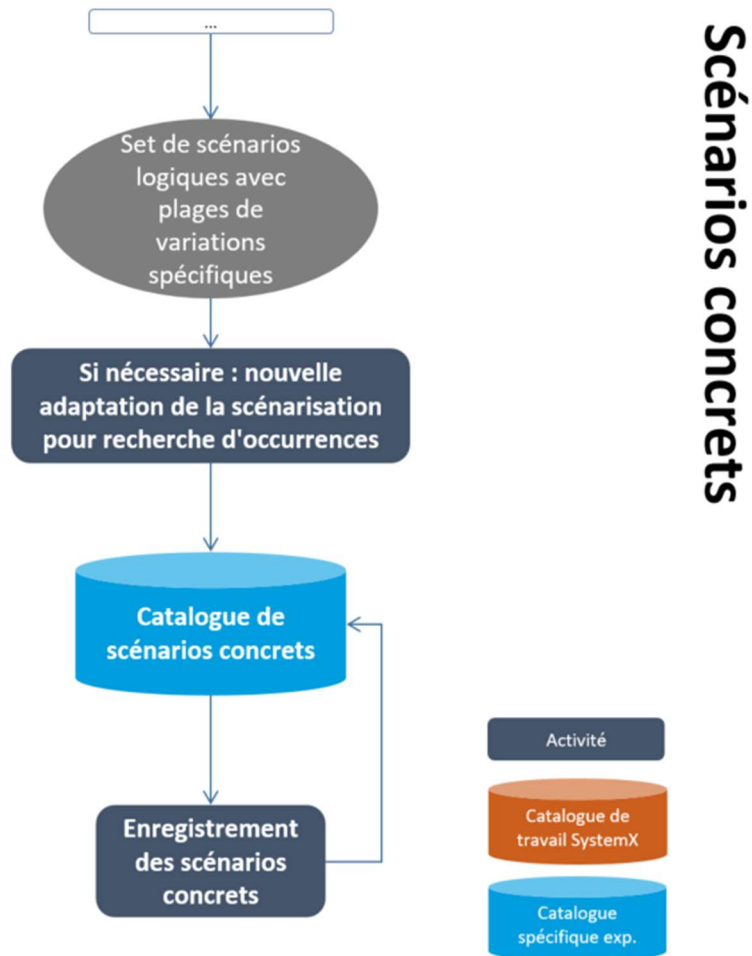


Figure 34 : Processus de recueil des scénarios concrets

En fonction des données de roulage précises, nous pourrions saisir des scénarios concrets dans la bibliothèque. Ces scénarios seront rentrés sous leur scénario logique correspondant. Les scénarios concrets seront rentrés dans un conteneur privé à l'expérimentation. Si cela est nécessaire à cause de l'indisponibilité de certains PHN, une re-scénarisation du scénario logique est envisageable pour permettre de correspondre aux données disponibles.

Conclusion

La finalité de ce livrable, qui fait partie de la tâche 2.3 « Catalogue de scénarios pertinents pour la simulation et tests physiques » est de :

- proposer un référentiel de description de scénario pertinent pour la démonstration de la sécurité
- détailler le processus de collecte et de construction des scénarios fonctionnels, logiques et concrets pour la construction d'un catalogue globale de scénarios pertinents pour la démonstration de la sécurité, pour le bien commun attendu par les pouvoirs publics

Il est possible que ce livrable soit mis à jour au cours du projet, soit pour enrichir la définition des scénarios pertinents avec de nouvelles propositions, soit pour ajuster/compléter la méthodologie de collecte et de construction des scénarios en fonction des retours des évaluateurs et des porteurs d'expérimentations.

Références

[SAM 1.1.1] : LIVRABLE L1.1.1 Référentiel de description des expérimentations

[ClassifVéhicules] : Classification des véhicules [AlgoSVR] : ISX-SVR-LIV-1004