

LIVRABLE L 2.2 -1b

Description organique et fonctionnelle du Système de Transport Routier Automatisé (STRA)

N° chrono: ISX-SAM-LIV-1206

Version : 1.0

Date de version : 06-07-2021



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

Informations du document

Périmètre de diffusion : Public

Type : Finale

Statut : Validé COPIL

Auteurs :

| Pilote(s) du livrable | Organisation | Rôle dans le projet |
|-------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Manel Brini | IRT SystemX | Pilote des tâches 2.1, 2.2, 2.5 |
| Emmanuel Arnoux | Renault | Expert validation |
| Contributeurs | Organisation | Rôle dans le projet |
| Alexandre Martinez | Renault | |
| Pascal Guesdon | Alstom | |
| Frédéric Lenti | Stellantis | |
| Jean-François Boulineau | RATP | |
| Moroine Laoufi | Vinci | |
| Damien Joly | Tecris pour Renault | |
| Samar Said | IRT SystemX | |
| Jean Marc Pagliero | Alstom | |
| Florent Meurville | Valeo | |
| Michael Bakadal | Transdev | |
| Valideurs | Organisation | Rôle dans le projet |
| Jean François Sencerin | PFA | Chef de projet SAM |

Table de révision :

| Version | Date | Contenu de la modification |
|---------|------------|---|
| 1.0 | 06/07/2021 | Version finale pour livraison et diffusion publique |
| | | |
| | | |

Table des matières

| | |
|--|------------------------------------|
| Informations du document | 2 |
| Table des illustrations et des tableaux | 3 |
| Glossaire | 4 |
| Acronymes utilisés..... | 4 |
| Introduction..... | 5 |
| 1. Architecture organique du système STRA | 7 |
| 2. Architecture fonctionnelle du système STRA..... | 9 |
| Références | 11 |
| Annexe | Erreur ! Signet non défini. |

Table des illustrations et des tableaux

Tableaux :

| | |
|--|----|
| Table 1 : Exemple de Composants d'un système STRA..... | 8 |
| Table 2 : Fonctions du rang 1 et du rang 2 du système STRA | 10 |

Figures :

| | |
|---|---|
| Figure 1 : Représentation simplifiée de la méthodologie de démonstration de la sécurité d'un système STRA développée par le lot 2 du projet SAM | 5 |
| Figure 2 : Représentation Architecture organique du système (cadre rouge) | 8 |

Glossaire

| Terme | Définition |
|---|--|
| Système technique de transport routier automatisé <i>[Glossaire SAM]</i> | Ensemble de véhicules hautement et totalement automatisés tels que définis au 8.2 et au 8.3 de l'article 311-1 du code de la route et d'installations techniques permettant une intervention à distance ou participant à la sécurité ; |
| Système de transport routier automatisé <i>[Glossaire SAM]</i> | <i>Système technique de transport routier automatisé, déployé sur des parcours ou zones de circulation prédéfinis, et complété de règles d'exploitation, d'entretien et de maintenance, aux fins de fournir un service de transport routier public collectif ou particulier de personnes, ou de service privé de transport de personnes, à l'exclusion des transports soumis au décret n° 2017-440 du 30 mars 2017 relatif à la sécurité des transports publics guidés ;</i> |

Acronymes utilisés

| | |
|---------|--|
| ALKS | <i>Automated Lane Keeping System</i> , Système automatisé de maintien dans sa voie |
| ARTS | Automated Road Transport System, Système Routier de Transport Automatisé |
| ASP | Analyse de Sécurité de Parcours |
| Loi LOM | Loi d'Orientation des Mobilités |
| PCC | Poste de Commande Centralisé |
| STRA | Système de Transport Routier Automatisé |

Introduction

Dans le cadre de l'homologation et la certification des systèmes automatisés (ADS et STRA), un document d'information doit être fourni et il doit comprendre :

- Une description organique du système donnant un aperçu des principaux éléments du système : a minima des modules de commande, des capteurs et des cartes/localisation ...
- Une description des fonctions du système : principales fonctions de conduite automatisées (architecture fonctionnelle, perception de l'environnement).
- Ainsi que des dispositions schématiques du système aussi bien d'un point de vue organique que fonctionnel

Il est à noter qu'une communication à l'intention des autres autorités d'homologation devra comprendre la description du domaine de conception fonctionnelle et de l'architecture fonctionnelle de niveau supérieur, l'accent étant mis sur les fonctions disponibles pour le conducteur, les occupants du véhicule et les autres usagers de la route.

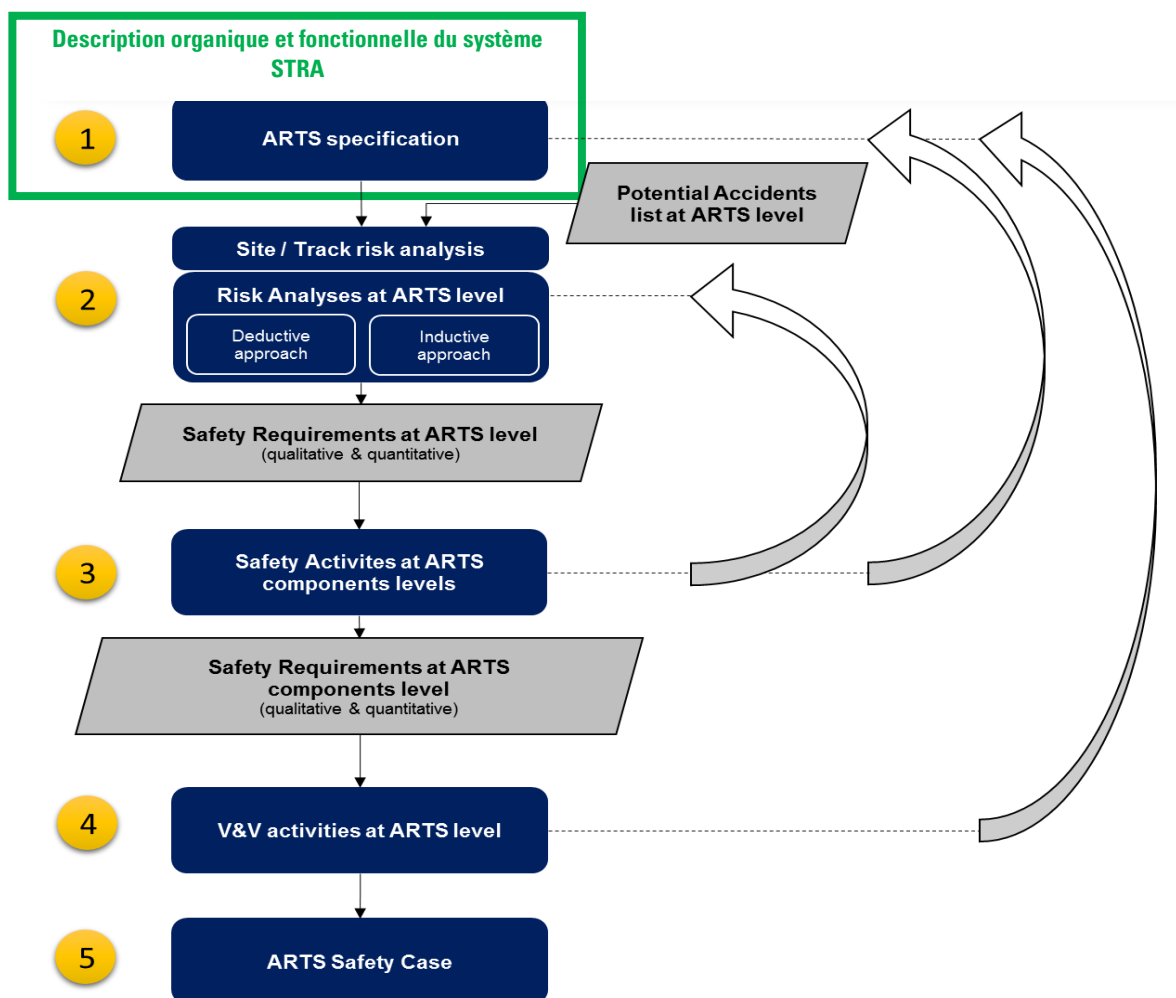


Figure 1 : Représentation simplifiée de la méthodologie de démonstration de la sécurité d'un système STRA développée par le lot 2 du projet SAM

Etant donné ces contraintes réglementaires fortes venant des règlements R157(ALKS) et de la loi LOM, et dans le cadre de la tâche 2.2 « déclinaison des objectifs de sécurité sur une architecture fonctionnelle générique », il a été décidé par les partenaires SAM de définir des descriptions organique et fonctionnelle génériques du système STRA pouvant servir notamment lors des analyses de risques et pour les dossiers de sécurité réglementaires.

La définition de cette description ou architecture s'intègre à la spécification et la définition du système STRA, comme indique la figure précédente.

Le document va donc se structurer en quatre parties :

- L'architecture organique du système STRA,
- L'architecture fonctionnelle du système STRA,
- Les manœuvres réalisés par le systèmes (certains parlent d'architecture opérationnelle)
- Le maillage de ses différentes vues ou architectures du système.

1. Architecture organique du système STRA

L'objectif de cette partie est de définir l'architecture organique haut niveau du systèmes STRA, et d'en expliquer chacun des éléments.

Le Système de Transport Routier Automatisé (STRA) est un système de systèmes, que les partenaires du projet SAM ont proposé de décomposer comme suit (le contenu des composants de système est donné à titre illustratif) :

- **Les véhicules automatisés**, qu'ils soient des véhicules particuliers automatisés, des navettes urbaines, des bus automatisés, ou des robots de livraisons de biens de consommation.
- **L'infrastructure passive et active**. L'infrastructure dont nous parlons est l'infrastructure routière et technique nécessaire à la circulation en toute sécurité des véhicules automatisés. Elle comprend :
 - L'infrastructure dite générique, c'est-à-dire l'infrastructure routière avant intégration du système de transport routier automatisé : par exemple la chaussée, la signalisation horizontale et verticale, les feux de signalisation, les trottoirs, les barrières de sécurité, etc. Elle comprend des composants passifs, comme par exemple les marquages au sol, et des composants actifs, comme par exemple les feux de signalisation, des barrières automatiques, etc. L'infrastructure dont nous parlons ici est l'infrastructure du parcours ou de la zone prédéfinie sur laquelle circulent les véhicules automatisés.
 - L'infrastructure dite spécifique a été ajoutée dans le cadre de l'intégration du système de transport à son environnement (i.e. infrastructure spécifique livrée avec le « système technique », en ville on parle d'intégration urbaine). Ici encore, elle se divise en infrastructure
 - **Passive**: par exemple, les marquages au sol, des panneaux d'avertissement pour les autres usagers de la route, des barrières métalliques pour éviter que des piétons ne s'approchent trop ou traversent hors des passages piétons matérialisés, une voie de circulation de véhicule automatisés, etc.
 - **Active**: par exemple des feux de signalisation spécifiques pour les véhicules automatisés, des barrières ou plots escamotables interdisant l'accès aux véhicules non automatisés, etc.
- **La communication et la connectivité** concerne l'ensemble des éléments de l'infrastructure numérique, les unités de bords de voie, les réseaux de communications 3G/4G/5G, C-ITS, reliant les différents composants connectés du système.

- **Le système de supervision** (Remote Fleet Management System) comprend le poste de contrôle centralisé (Remote Operation System), etc.
- **L'organisation humaine sur site et hors site** : par exemple les règles d'exploitation, d'entretien et de maintenance, aux fins de fournir un service de transport routier, etc.

Note : Cet élément concernant l'organisation humaine n'est pas de la même nature que les autres composants du système. *Ne faut-il pas le considérer comme une contrainte ? A rediscuter entre partenaires SAM.*

L'ensemble de ces sous-systèmes peut être représenté de deux manières (sous forme de figure ou sous forme de tableau) pour une meilleure compréhension. C'est ce dont nous avons voulu rendre compte à travers ci-dessous :

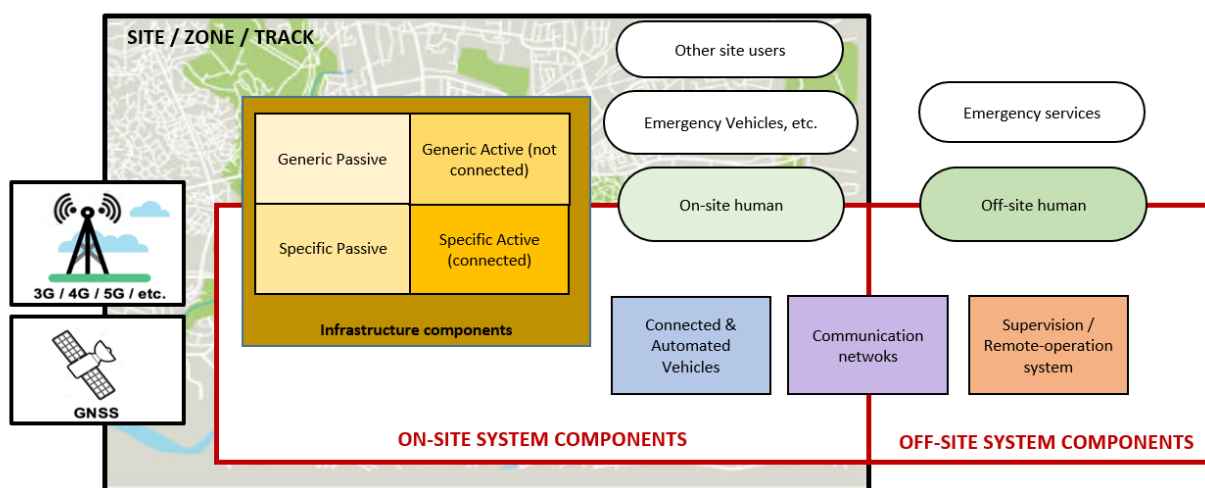


Figure 2 : Représentation Architecture organique du système (cadre rouge)

Le tableau suivant donne des exemples de composants à titre illustratif :

| | | | |
|---------------------------------|----------------|--|---|
| Véhicules automatisés | | | e.g. décomposition organique et fonctionnelle |
| Infrastructure | Passive | Générique | e.g. route, stations de bus, bornes de recharge, etc. |
| | | Spécifique | e.g. barrière, stations spécifiques ajoutées à l'existant, etc. |
| | Active | Générique (non connectée) | e.g. feux de signalisation, barrière automatisées, régulation dynamique de la vitesse maximale autorisées, etc. |
| | | Spécifique (Connectée) | e.g. feux de signalisation connectés, |
| Réseaux de communication | | | e.g. CITS, 4G, V2X, etc. |
| Supervision | | | e.g. Poste de commande centralisée (PCC), télé-opération, etc. |
| Organisation humaine | Sur site | e.g. tâches des opérateurs sur site (entretien du parcours, safety driver, etc.), etc. | |
| | Hors site | e.g. tâches de télé-opérateur, tâches d'entretien et de maintenance, etc. | |

Table 1 : Exemple de Composants d'un système STRA

Comme toujours dans l'approche de conception des systèmes, à l'architecture organique, on ajoute l'architecture fonctionnelle. C'est ce que nous allons développer dans le paragraphe suivant.

2. Architecture fonctionnelle du système STRA

Le projet SAM doit définir une description fonctionnelle standardisée de haut niveau, telle que demandée par la réglementation et permettant la réalisation de l'analyse de risques du système.

Nous avons retenu neuf fonctions de plus haut niveau (appelées de rang 1). Ces fonctions sont raffinées en plusieurs sous-fonctions de rang 2. La liste n'est pas exhaustive et pourrait être modifiée. Le tableau ci-dessous représente les fonctions du rang 1 et du rang 2 du système STRA. (Ces fonctions s'appliquent principalement sur un système de transport de personnes, il sera à adapter si l'on considère du transport de marchandise ou autre).

| Fonctions (rang 1) | Fonctions (rang 2) | Commentaires |
|---|---|--|
| 1-Assurer la définition, le suivi et le contrôle de la trajectoire du véhicule | 1.1-Percevoir l'environnement (sense) | La fonction 1.1 permet d'assurer la perception des données, par exemples : la détection d'objets (statiques, dynamiques, êtres vivants...), des événements de circulation, de conditions (météo, ...) et les éléments de l'infrastructure. <i>Peut être assuré par des capteurs : e.g. Caméras, lidars, radars, par exemple (embarqué/débarqué)</i> |
| | 1.2-Localiser le véhicule sur le parcours / zone | La fonction 1.2 permet d'assurer la localisation du véhicule sur un parcours/une zone. <i>Peut être assuré par des cartes et des capteurs : e.g. GPS/IMU/odométrie, ...</i> |
| | 1.3-Prendre la décision concernant la navigation/guidage (plan) | En fonction de la perception (1.1) et la localisation (1.2), décider des mouvements et de la dynamique du véhicule, en tenant compte de la mission, des manœuvres et des contraintes réglementaires. |
| | 1.4-Assurer le contrôle dynamique (act) | La fonction 1.4 permet d'assurer les commandes du mouvement latéral (direction) et longitudinal (freinage et accélération) en tenant en compte l'énergie servant à la traction/freinage. |
| 2- Se signaler vis-à-vis des autres usagers de la route (signalisation sonore, visuel, etc.)_ | | En fonction de la fonction 1, se signaler aux autres usagers de la route via des avertisseurs sonores (klaxon, cloche, ...) et via des avertisseurs visuels (les feux de croisement, de route, bouillard, clignotant, ...) |
| 3-Gérer les accès aux véhicules automatisés | 3.1-Gérer le transfert des personnes aux points autorisés | La fonction 3.1 permet d'assurer le transfert des personnes (montée/descente des passagers/personnel d'urgence/employés du service, ...) aux points autorisés (station, point d'arrêt à la demande, ...) |
| | 3.2-Maintenir le véhicule automatisé fermé hors transfert personnes/évacuation | En dehors des points autorisés, la fonction 3.2 permet d'assurer le maintien des portes en position fermée. |
| | 3.3-Permettre l'évacuation et l'accès des secours en cas d'urgence. | En complément des fonctions 3.1 et 3.2, la fonction 3.3 permet l'évacuation des passagers et l'accès de secours en cas d'urgence. |
| 4-Assurer le confort des passagers et du personnel | | La fonction 4 permet d'assurer le confort des passagers et du personnel (thermique, acoustique, vibratoire, maintien, luminosité et visibilité, ...) |
| 5- Permettre aux usagers d'interagir avec des composants du système | 5.1-Permettre la communication entre le personnel d'exploitation et les passagers (COM) | La fonction 5.1 permet d'assurer la communication sonore et visuelle entre les usagers (à bords du véhicule et en station) et le personnel d'exploitation. |
| | 5.2-Permettre la transmission de l'information voyageurs | La fonction 5.2 permet d'assurer la transmission d'informations sonores ou visuelles aux usagers (à bord du véhicule et en station). |
| | 5.3-Permettre aux usagers l'accès à des services | La fonction 5.3 permet d'assurer l'accès à des services pour les usagers en station/ sur smartphone/ dans les véhicules, ... (e.g. Horaire, tickets, réservation, ...) |
| 6-Diagnostic de l'état des composants techniques du système | - | La fonction 6 permet d'assurer le diagnostic de l'état des composants techniques du système (exemple : détection incendie / détection température baie électronique etc.) |
| 7-Gérer les composants d'infrastructure dynamiques (faisant partie du système) | - | La fonction 7 permet de gérer la signalisation dynamique (gestion des priorités avec feux de signalisation, vitesse, ...), les composants de ségrégation dynamique (barrières, potelets, etc.), etc. |
| | Entre des composants techniques du système | |

| | | |
|--|---|---|
| 8-Assurer la communication et connectivité entre des composants techniques du système ou composants externes du système | Entre des composants techniques du système et des composants externes du système | La fonction 8 permet d'assurer la communication et la connectivité entre les composants techniques du système (e.g. Envoi d'un statut de feu + infos sur le temps (feu rouge, feu vert, ...) et les informations pertinentes aux composants du système). Cette fonction comprend tous ce qui est réseaux (wifi, GSM, ...). La préparation des données est réalisée par les fonctions concernées par le transfert entre composants. |
| 9-Assurer la supervision du parcours et des composants techniques du système <i>Gestion de la flotte et des missions, du service dans son ensemble, surveillance de l'environnement des composants du système sur parcours/zone, changer/planifier la mission, enclencher un mode dégradé (refuge)...</i> | 9.1-Intervenir à distance sur des composants techniques du système | La fonction 9.1 permet d'assurer les différents types d'intervention à distance prévus par le système. <i>Intervention à distance : Action exercée par une personne habilitée située à l'extérieur d'un système de transport routier automatisé, aux fins :</i> • <i>d'activer ou de désactiver le système, ou de donner l'instruction d'effectuer, modifier, interrompre une manœuvre, d'acquiescer des manœuvres proposées par le système,</i> • <i>de donner instruction au système de choisir ou de modifier la planification d'un itinéraire ou des points d'arrêt pour les usagers (notamment en réponse à des aléas ou des défaillances).</i> |
| | 9.2-Permettre la communication entre les personnels d'exploitation | La fonction 9.2 permet d'assurer la communication entre les personnels d'exploitation. |
| | 9.3-Permettre la communication entre le personnel d'exploitation et des intervenants extérieurs | La fonction 9.3 permet d'assurer la communication entre les personnels d'exploitation et les intervenants extérieurs (e.g. Force de l'Ordre, les opérateurs PCC, préfet dans le cas d'un plan ORSEC ou équivalent service de secours comme les pompiers, SAMU, les fournisseurs de service (EDF, télécom), la ville et les acteurs intervenant sur la voirie (Gaz, DDE, EDF,...)). |
| | 9.4-Enregistrer les données | La fonction 9.4 permet d'enregistrer les données pour répondre aux besoins de l'exploitation. |
| | 9.5-Afficher des états des composants du système | La fonction 9.5 permet la supervision / l'exploitation (afficher les états des composants, des alertes, des événements, des conditions (météo, etc.), etc.) |

Table 2 : Fonctions de rang 1 et de rang 2 du système STRA

Ces deux premiers niveaux de description fonctionnelle, sont génériques et considérés comme une référence pour analyser les risques.

Une fonction (quelle que soit le niveau) peut contribuer par la transmission du flux (ex. données, matière, énergie, ...) à plusieurs fonctions du niveau équivalent ou supérieur. Exemple : la fonction 1.1 "Percevoir l'environnement" peut transmettre des données utiles aux fonctions : 1.2; 1.3; 2; 3, ...

Nota bene :

- Ce découpage fonctionnel n'est qu'un exemple proposé afin de permettre d'illustrer la déclinaison des analyses de risque. Cette liste pourrait être complétée selon les besoins des constructeurs.
- Les fonctions de la description fonctionnelle pourront être allouées à un ou plusieurs composants organiques du système STRA.

Toutes les fonctions de ce template ne sont pas obligatoires et assujetties à l'autorisation de mise en service du système STRA.

Références

[Glossaire SAM] M.Brini, E.Arnoux, Glossaire Safety & Validation SAM, projet SAM – Lot2 – Tâche 2.1 (Livrable 2.1-5, numéro chrono : ISX-SAM-LIV-1166), 20 Janvier 2021.