

**Spécifications fonctionnelles :**

**FO1.4.15 : Structurer la topologie**

**Structure de topologie**

Version : 0.5

Date de version : 14/05/2025

|  |  |
| --- | --- |
| Une image contenant signe, extérieur, ciel, rue  Description générée automatiquement | Opération réalisée avec le concours des Investissements d’avenir de l’Etat confiés à l’ADEME |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Projet** | **Zone** | **Lot** | **Phase** | **Générations** | **Type de document** | **Emetteur** | **Numéro Chrono** | **Version** | **Indice** |
| FM | TZ | L4 | TTP | G2 | LIV | SIC | 00124 | 0 | 5 |

Informations du document

Périmètre de diffusion : Interne

Type : Initial

Date prévue de livraison : xxx

Statut : en cours

**Auteurs :**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Pilote(s)** | **Organisation** | **Rôle dans le projet** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Contributeurs** | **Organisation** | **Rôle dans le projet** |
| MAHMOUD Mohamed Ali | SICEF | Architect |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Table de révision :**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Version** | **Date** | **Contenu de la modification** |
| 0.1 | 05/09/2024 | Création de document |
| 0.2 | 23/02/2025 | Mise à jour de document :   * Mise en place de la structure de la topologie |
| 0.3 |  | Mise à jour de document :   * Mise à jour de la structure |
| 0.4 | 23/04/2025 | Mise à jour de document :   * Mise à jour de la liste des objets * Mise à jour des propriétés des objets |
| 0.5 | 14/05/2025 | * Mise à jour des objets |
| 0.6 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Table des matières

[Informations du document 3](#_Toc196261120)

[Table des matières 4](#_Toc196261121)

[0. Généralités 5](#_Toc196261122)

[0.1. Objet du document 5](#_Toc196261123)

[1. La logique de structuration de la topologie 5](#_Toc196261124)

[1.1. Principe 5](#_Toc196261125)

[1.2. Composition 5](#_Toc196261126)

[1.2.1. Infrastructure 5](#_Toc196261127)

[1.2.2. Référentiel topologique 6](#_Toc196261128)

[1.3. Types des objets référenciés dans le référentiel topologique 9](#_Toc196261129)

[1.3.1. Objets Simples 9](#_Toc196261130)

[1.3.2. Objets composés 9](#_Toc196261131)

[2. Les objets de référentiel topologique partagés avec l’AD 10](#_Toc196261132)

[2.1. Objet ‘Line’ 10](#_Toc196261133)

[2.2. Objet ‘hub’ 12](#_Toc196261134)

[2.3. Objet ‘PC’ Plateforme de croisement 12](#_Toc196261135)

[2.4. Objet ‘PN’ Passage à niveau 13](#_Toc196261136)

[2.5. Objet ‘edge’ 14](#_Toc196261137)

[2.6. Objet Nœud 15](#_Toc196261138)

[2.7. Objet ‘mileStone’ 16](#_Toc196261139)

[2.8. Objet Plateforme de croisement 19](#_Toc196261140)

[2.9. Objet passage à niveau 19](#_Toc196261141)

[2.10. Objet safetyZone 19](#_Toc196261142)

[2.11. Objet point de recharge 20](#_Toc196261143)

[2.12. Objet itinéraire 20](#_Toc196261144)

[2.13. Objet zone règlementée 21](#_Toc196261145)

[2.14. Objet Tunnel 22](#_Toc196261146)

[3. Les formats de référentiel générés par l’éditeur topologique 22](#_Toc196261147)

[3.1. Format en structures prédéfinies 22](#_Toc196261148)

[4. Interprétation de référentiel topologique 23](#_Toc196261149)

[4.1. Mission et conditions de départ 23](#_Toc196261150)

[4.2. Installation de la topologie 24](#_Toc196261151)

# Généralités

## Objet du document

L'objectif de ce document est de décrire en détail la structure de la topologie à mettre en place pour créer le référentiel topologique.

# La logique de structuration de la topologie

## Principe

La topologie est une représentation structurée de l'infrastructure, comprenant les lignes, les hubs, les plateformes de croisement et d'alignement et les passages de niveau. À partir de cette structure, un référentiel topologique est créé, servant de source d'information pour la supervision et ses sous-systèmes afin de produire les éléments nécessaires à la gestion du trafic. Parmi ces éléments figure l’ensemble des services matériels. Un service matériel correspond essentiellement à une série des courses (missions) à effectuer par le véhicule.

De plus, ce référentiel topologique permet au véhicule de déterminer son itinéraire pour accomplir la mission et de récupérer les propriétés des différents éléments de référence (objets) qu'il contient pour générer une localisation précise.

## Composition

### Infrastructure

L’infrastructure ferroviaire de système ‘FerroMobile’ est composée des éléments suivants :

* ***Une ligne*** : représente l'ensemble de la ligne avec son infrastructure, incluant les rails, les hubs, les plateformes de croisement et d'alignement et le passage de niveau.
* **Les rails** : sections de la ligne sur lesquelles le véhicule circule en mode rail.
* ***Les hubs*** : zones dédiées à l'arrêt, au débarquement, à l'embarquement et à la recharge des véhicules.
* ***La plateforme de croisement (évitement)*** : zone adjacente aux rails qui permet de gérer le passage alterné des véhicules selon les besoins.
* ***La plateforme d'alignement*** : zone de manœuvre utilisée pour aligner le véhicule avec les rails avant d'y accéder.
* ***Le passage à niveau :*** Zone de croisement d’une voie ferrée et d’une route.
* ***Le pont***
* ***Le tunnel***
* ***Parking***
* ***Entrepôts***

***Points de recharge (ChargingPoint) :* L’ensemble des points de recharge dans les hubs de ligne**

Ces éléments peuvent inclure d'autres composants et sous-ensembles, permettant d'assurer les différentes fonctionnalités nécessaires au roulage des engins sur la ligne.

### Référentiel topologique

Le référentiel topologique est une représentation structurée de l’infrastructure ferroviaire.

Dans cette représentation de référentiel topologique tous ces éléments sont structurés et décris à l’aide des objest.

Ces objets sont classifiés en deux catégories :

* Objet court
* Objet long

***Liste des objets :***

**~~Section de voie (SV)~~** SafetyZone : il s'agit d'un objet désignant une zone de rails à sécuriser.

L’infrastructure peut comporter deux types de zones de sécurité, appelées safetyZone :

* Zones exclusives :
  + À tout instant, une seule et unique entité (par exemple, un véhicule) est autorisée à occuper la zone.
* Zones permissives :
  + Plusieurs véhicules peuvent circuler simultanément dans la zone, à condition qu’ils empruntent le même itinéraire, et que celui-ci soit monomodal.

Une zone couvre un ensemble d’arcs, lesquels définissent implicitement les itinéraires que le véhicule peut emprunter au sein de cette zone.

**Arc : il s’agit d’un tronçon des rails, ou un tronçon de parcoure sur le ‘hub’ ou un tronçon de parcoure sur la plateforme de croisement. Une zone délimitée par deux objets (points) de références décrits dans le référentiel topologique.**

**Un arc appartenant à une zone sécuritaire ‘safetyZone’.**

**SpeedProfile (Profil de vitesse) : c’est la consigne de vitesse à respecter par le véhicule sur une zone défini, cette zone est limitée par deux nœuds.**

**MetricSystem (Système métrique) : c’est le repère métrique à appliquer sur une zone de rails.**

**Un Nœud : est un objet de référence dans le référentiel topologique. Il sert à identifier les limites des zones de l’infrastructure (objets composés), ainsi que des points de référence sur les rails, les hubs, les plateformes de croisement et les passages à niveau. Cet objet est représenté par un, ou plusieurs "mileStones" issus des différents modèles.**

**Chaque Nœud possède ces propriétés :**

* **Id**
* **Pkm**
* **mileStone**

**Pour les nœuds des ‘hubs’ et des ‘Pcs’ en complément ont ces propriétés :**

* **stationId**
* **stationType**

**Point de référence (mileStone)** : **il s'agit d'un objet pouvant être de différents modèles, tels que :**

* TAG magnétique
* Circuit de voie
* Compteur d'essieux
* Balise de voie
* RFID
* Une Balise virtuelle de type Gnss

Et des différents types :

* Standard : il s’agit de type de base de mileStone, sans comportment spécifiques à interpréter par l’AD
* Biffurcation : ce type indique, que le mileStone est situé à un point du biffurcation, à partir duquel deux chemins sont possibles.

Les objets longs sont limités par des objets simples (point de référence).

Les propriétés de l’objet ‘mileStone’ sont :

* model
* type
* mapSequence
* magOrientation

Ces propriétés peuvent avoir comme valeurs :

* Model : TAG magnétique, circuit de voie, compteur d'essieux, balise de voie, RFID, Balise GNSS
* Type : Standard, bifurcation, PN.
* Map\_Sequence : si le type n'est pas standard, indique le prochain objet de référence et son emplacement (droite, gauche, etc.).
* Mag\_orientation : c’est l’orientation magnétique si l’objet et de model TAG magéntique

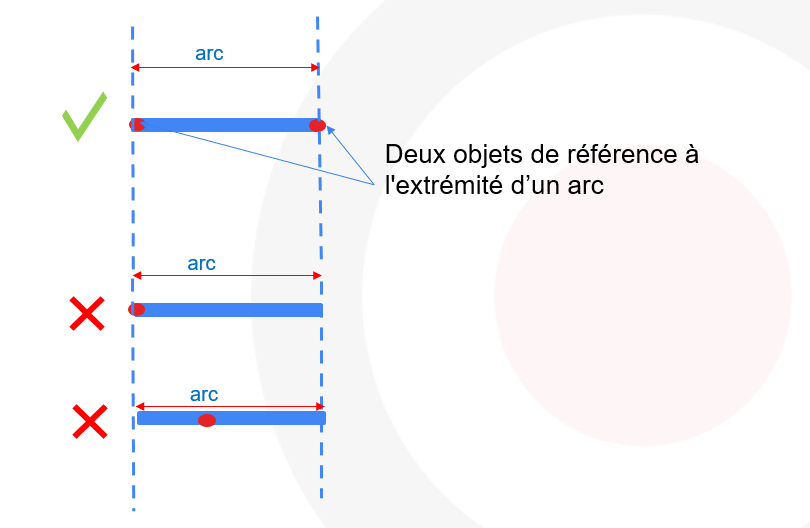
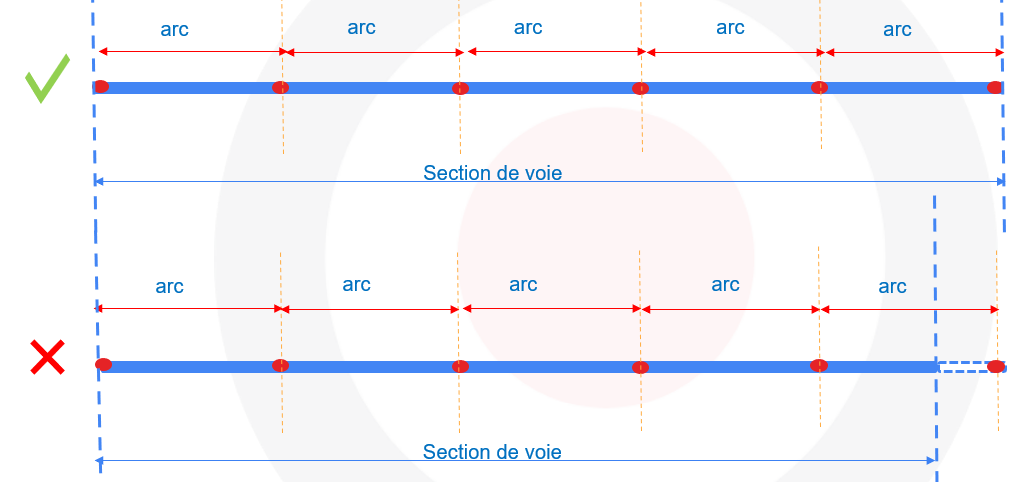


Figure 1: Un arc



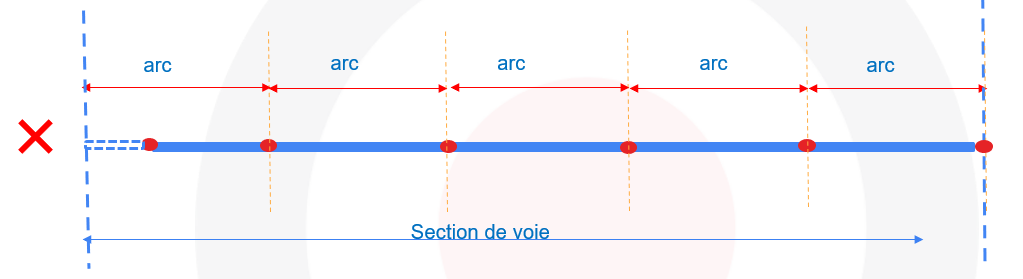


Figure 2: Zone sécuritaire et arc image à changer

**Bridge (Pont)** : objet de l'infrastructure, délimité par deux nœuds.

**Tunnel (Tunnel)** : objet de l'infrastructure, également délimité par deux nœuds.

**CarPark (Parking)** : objet composé de l'infrastructure, constitué d’un ensemble de nœuds et d’arcs.

**WareHouse (Entrepôt)** : objet simple dans sa première version, avec une possibilité d’évolution vers un objet composé.

**Itinerary (Itinéraire)**: objet composé, défini par deux nœuds.

**ChargingPoint (Point de recharge)** : C’est un objet composé, défini par deux nœuds.

**Hub (Gare)** : objet composé, constitué d’un ensemble de nœuds, d’arcs et de points de recharge.

**RegulatedZone (zone avec des contraintes ‘réglementée’)** : Objet composé pouvant être constitué d’un ensemble d’arcs et de nœuds, incluant au minimum un arc délimité par deux nœuds. Il se caractérise par l’application d’une catégorie spécifique des règles ou des exceptions.

## Types des objets référenciés dans le référentiel topologique

Dans le référentiel topologique, on aura deux types des objets.

### Objets Simples

C’est un objet que ne se compose pas d’autres objets, il possède que ces propriétés à exploiter par l’AD pour assurer son fonctionnement.

Les objets simples de référentiel topologique sont :

‘mileStone’

MetricSystem : zone représentant le repère métrique de référence, permettant au véhicule de se positionner sur les rails. Ce système s’étend sur N arcs.

Les embranchements ne seront pas sur les rails (au moins à court/moyen termes), ça sera géré qu’au niveau des hub et les zones de croisement (peut-être pas).

### Objets composés

Les objets composés sont des objets, se compose par d’autres objets.

* Une ligne se compose des hubs de plateformes de croisement et d’alignement, passage à niveau et des rails.
* Les rails se compose de plusieurs arcs.
* Un arc se limite par deux objets simple (deux points référenciés : Nœuds).
* Un hub se constitue d’un ensemble des objets simples et composé (arcs et Nœuds)
* Un nœud est un objet élémentaire servant de point de référence dans le référentiel topologique. Il est défini par une abscisse (pkm) et peut avoir des différents types.
* Une zone d’évitement (plateforme de croisement) se compose des nœuds et des arcs, ces nœuds peuvent être des arrêts.
* ‘safetyZone’ : une zone sécuritaire est définie par un ensemble d’arcs, délimités par des nœuds, représentant les itinéraires que le véhicule peut emprunter.

Les nœuds aux extrémités de ces arcs déterminent les différents trajets possibles au sein de la zone.

* + La génération de ces itinéraires est assurée par l’éditeur de topologie.
* Bridge (pont) : zone délimitée par deux points de référence (deux nœuds) représentant les limites topologiques du pont.
* Tunnel (tunnel) : zone délimitée par deux points de référence (deux nœuds) représentant les limites topologiques du tunnel.
* CarPark (parking) : zone de stationnement définie entre deux points de référence (deux nœuds) représentant les limites topologiques de la zone de stationnement.
* Warehouse (Entrepôt) : zone dans laquelle les manœuvres sont réalisées manuellement. La position du véhicule y est initialisée par l’opérateur lors de la première étape. Une automatisation des manœuvres par le système AD est envisagée dans les prochaines versions.
* ChargingPoint (Point de charge) : zone de stationnement formée par un arc entre deux points de référence, dans laquelle le véhicule peut se positionner pour procéder à la recharge de ses batteries.
* Itinerary (Itinéraires) : les parcours possibles à être empreinte par les véhicules, un itinéraire peut se composer par un ou plusieurs nœuds.
* RegulatedZone (zone règlementée) : une zone avec des catégories contraintes ou des règles à appliquer.
* Chaque objet dispose d'un ID unique.
* Chaque arc contient les IDs des points référencés définissant son début et sa fin.
* Chaque hub inclut une liste d'arcs décrivant ses itinéraires possibles.
* Chaque zone d'évitement comprend une liste d'arcs représentant ses itinéraires possibles.
* Le passage à niveau est défini par des points référencés qui décrivent sa zone exigeant une configuration de vitesse spécifique ainsi que les points marquant son début et sa fin.

# Les objets de référentiel topologique partagés avec l’AD

## Objet ‘Line’

L’objet ‘line’ est un objet composé des objets suivants :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Champ | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | L’identifiant unique de la ligne | Oui | UInt8 |
| Name | Nom de la ligne | Non | 9 octets |
| Description | Description de la ligne | Non | 25 octets |
| TRVersion | Le numéro de version de référentiel topologique | Oui | UInt16 |
| {} edges | L’ensemble des arcs de la ligne | Oui | --- |
| {} hubs | L’ensemble des hubs de la ligne | Oui | --- |
| {} Pcs | L’ensemble des plateformes de croisement de la ligne | Oui | -- |
| {} PNs | Les passages à niveau de la ligne | Non | -- |
| {} ponts | Les ponts de la ligne | Non | -- |
| {} tunnel | Les tunnels de la ligne | Non | -- |
| {} parkingStation | Les zones de stationnement de la ligne | Non | -- |
| {} Entrepôts | Les entrepôts de la ligne | Non | -- |
| {} chargingPoint | Les points de recharge de la ligne | Oui | -- |
| {} MetricSystem | Les systèmes métriques de la ligne | Oui | -- |
| {} safetyZone | Les zones sécuritaires sur un ligne | Oui | -- |
| {} itinéraires | Les parcours dans les différentes zones sécuritaires | Oui | -- |
| {} profils de vitesse | Les profils des vitesses à appliquer sur la ligne. | Oui | -- |
| {} Nœuds | Ensemble des nœuds | Oui | --- |
| {} Milestone | Ensemble des objets physiques définissants un nœud | Oui | -- |
| {} RegulatedZone | Ensemble d’arcs et nœuds | Non | -- |

PS : Le symbole {} est utilisé pour représenter un ensemble.

Le nom de la ligne est représenté par 9 octets, où chaque octet correspond au code ASCII d'un caractère.

La description de la ligne est représentée par 25 octets, où chaque octet correspond au code ASCII d’un caractère.

## Objet ‘hub’

L'objet ‘hub’ est un objet composé qui regroupe un ensemble d’arcs (‘edges’) et de nœuds. Ces nœuds peuvent correspondre à des arrêts, qu'ils soient techniques ou commerciaux.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | L’identifiant de hub | Oui | UInt8 |
| {} ‘edge’ | L’ensemble des arcs dans les hubs | Oui | --- |
| {} ‘mileStone’ | L’ensemble des points représentant les différents objets physiques ou virtuels sur chaque nœud de hub. | Oui | --- |
| {} ParkingStation | L’ensemble des zones de stationnement | Non | -- |
| {} chargingPoint | L’ensemble des points de recharge | Oui | -- |

On a deux types d’arrêts :

* + - Arrêt commercial
    - Arrêt technique
  + Pour simplifier les choses on peut considérer que les point de recharges sont des arrêts techniques. Une approche à évaluer.

## Objet ‘PC’ Plateforme de croisement

L'objet ‘Pc’ est un objet composé qui regroupe un ensemble d’arcs (‘edges’) et de nœuds. Certains de ces nœuds peuvent correspondre à des arrêts techniques, dont l'objectif est d'organiser la priorité de circulation entre les véhicules présents sur la plateforme de croisement et ceux circulant sur les rails.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | L’identifiant de plateforme de croisement | Oui | UInt8 |
| {} ‘edge’ | L’ensemble des arcs dans la plateforme de croisement | Oui | Tableau d’edges |

Chaque nœud dans la plateforme de croisement correspond à un type bien défini.

## Objet ‘PN’ Passage à niveau

L’objet ‘PN’ est un objet composé d’un arc ‘edge’ délimité par deux nœuds. Un nœud de début et un nœud de fin.

* Arc ‘edge’
* ‘startNode’
* ‘endNode’

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | L’identifiant de passage à niveau | Oui | UInt8 |
| ‘edge’ | L’arc qui défini la zone sécuritaire de passage à niveau | Oui | Séquencement d’octet |

## Objet ‘edge’

L’objet ‘edge’ se constitue de :

* Id : identifiant de l’objet arc
* metircSystem : le métrique système contenant l’arc.
* startNodeId : le nœud limitant le début de l’arc.
* endNodeId : le nœud limitant la fin de l’arc.
* safetyZoneId
* maxSpeed
* RegulatedZoneId

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | C’est l’identifiant de l’arc | Oui | Uint16 |
| metricSystem | C’est le système métrique contenant l’arc. | Oui | UInt8 |
| startKP | C’est le point kilométrique de départ | Oui | UInt32 |
| endKP | C’est le point kilométrique de la fin | Oui | UInt32 |
| startNodeId | L’Id nœud marquant le début de l’arc. | Oui | UInt16 |
| endNodeId | L’Id nœud marquant la fin de l’arc. | Oui | Uint16 |
| ~~sectionId~~ safetyZoneId | L’identifiant de la zone sécurisé contenant l’arc | Oui | UInt8 |
| maxSpeed (speedProfil) | Le profil de la vitesse à respecter au niveau de cet arc | Oui | UInt8 |
| RegulatedZoneId | Zone avec des règles à respecter | Oui | UInt16 |

Je suis conscient que l'information safetyZoneId pourrait être déduite autrement, mais afin de simplifier les calculs sur l'ECU, elle est intégrée directement dans les propriétés de l’arc.

## Objet Nœud

L’objet nœud ‘node’ est un objet composé de :

* Id
* Ensemble de mileStone

**Ces propriétés sont soit une propriété simple ou un objet composé.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | ****Description**** | ****Obligatoire**** | ****Format de valeur**** |
| ****Id**** | L’identifiant de nœud | **Oui** | **UInt16** |
| ****{} mileStoneId**** | C’est les identifiants l’ensemble des points représentant les différents objets physiques ou virtuels de l’infrastructure au niveau de nœud | **Oui** | **Séquencement d’octet** |
| ****stationType**** | Indique le type d’arrêt lorsque le nœud est situé à un point d’arrêt. | **Non**  **Seulement si le nœud est au niveau d’un hub ou ‘PC’** | **UInt8** |
| ****stationId**** | L’identifiant de l’arrêt | **Non**  **Seulement si le stationType != de ‘notStop’** | **UInt8** |
| ****safetyZoneLimit**** | Pour indique si le nœud est une limite de safetyZone | **Oui** | **UInt8** |
| ****tunnelZoneLimit**** | Pour indique si le nœud est une limite de tunnel | **Oui** | **UInt8** |
| ****regulatedZoneLimit**** | Pour indique si le nœud est une limite de regulatedZone | **Oui** | **UInt8** |

**L’objet nœud délimite l’arc, chaque arc étant défini par un nœud de début et un nœud de fin. Un nœud peut comporter plusieurs ‘mileStone’ et peut également représenter soit un arrêt, soit un point de limitation d’une zone de sécurité.**

**La propriété ‘stationType’ peut avoir comme valeur lorsque le nœud appartient à un hub :**

|  |  |
| --- | --- |
| ****Propriété**** | ****Valeur**** |
| ****stationType**** | **notStop** |
| **technicalStop** |
| **commercialStop** |

**Sur la plateforme de croisement ‘PC’ cette propriété ne peut avoir que les valeurs :**

|  |  |
| --- | --- |
| ****Propriété**** | ****Valeur**** |
| ****stationType**** | **notStop** |
| **technicalStop** |

**Les caractéristiques des propriétés :**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Code**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| ****Code node**** | **18** | **2 octets** | **Oui** |
| ****~~Id~~**** | **~~19~~** | **~~2 octets~~** | **~~Oui~~** |
| ****Code mileStone**** | **22** | **1 octet** | **Oui** |
| ****stationType**** | **~~20~~** | **1 octet** | **Oui** |
| ****stationId**** | **~~21~~** | **1 octet** | **Oui si stationType = technicalStop or commercialStop** |
| ****safetyZoneLimit**** |  | **1 octet** | **Oui** |
| ****tunnelZoneLimit**** |  | **1 octet** | **Oui** |
| ****regulatedZoneLimit**** |  | **1 octet** | **Oui** |

## Objet ‘mileStone’

L’objet ‘mileStone’ possède ces propriétés :

* Model
* Type
* mapSequence
* magOrientation

La propriété ‘model’ de ‘mileStone’ peut prendre différentes valeurs correspondant à des modèles d’objet. Ces modèles peuvent être soit des objets courts, soit des objets longs.

|  |  |
| --- | --- |
| Point de référence | Type d’objet |
| Tag Magnétique | Court |
| N Circuit de voie | Long |
| Compteur d’essieux | Court |
| Balise de voie | Court |
| RFID | Court |
| Balise virtuelle Gnss | Court |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Propriété | Description | Obligatoire | Format de valeur |
| Id | C’est l’identifiant de ‘mileStone’ | Non  Si seulement le model = RFID | UInt16 |
| Model | Décrit quel objet physique ou virtuel est représenté par le ‘mileStone’. | Oui | UInt8 |
| Type | Décrit quel type de mileStone est au niveau de nœud. | Oui | UInt8 |
| mapSequence | Indique le prochain nœud si le nœud et de type Bifurcation ou trifurcation. | Non  Si seulement le type = Bifurcation ou trifurcation | Voir la définition de mapSequence ci-dessous. séquencement d’octet |
| magOrientation | Indique l’orientation magéntique de mileStone | Non  Si seulement le model = TAG | 1 octet ~~bit~~ |
| magPower | Indique l’intervalle de puissance magnétique de mileStone | Non  Si seulement le model = TAG | 1 octet |

Les valeurs possibles pour les propriétés ‘model’ et ‘type’ sont :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Propriété | Valeurs | Format de valeur |
| Model | Tag magnétique | UInt8 |
| Circuit de voie |
| Compteur d’essieu |
| Balise de voie |
| RFID |
| Balise Virtuelle GNSS |
| Type | Standard | UInt8 |
| Bifurcation |
| Trifurcation |
| exitToCP |

La propriété ‘mapSequence’ doit être renseignée dans le référentiel topologique lorsque le type de ‘mileStone’ est ‘Bifurcation’ ou ‘Trifurcation’.

Elle est composée de deux informations : le sens et l’identifiant du prochain nœud.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de nœud | Propriété | Champs | Obligatoire | Valeurs | Format de valeurs |
| Bifurcation | ‘mapSequence’ | Sens | Oui | ‘left’ ou ‘right’ | Uint8 |
| Id de prochain nœud | Oui | L’identifiant de prochain nœud | UInt16 |
| Trifurcation | ‘mapSequence’ | Sens | Oui | ‘left’ ou ‘right’ ou ‘middle’. | UInt8 |
| Id de prochain nœud | Oui | L’identifiant de prochain nœud | UInt16 |

La propriété ‘magOrientation’ doit être renseignée dans le référentiel topologique lorsque le model de ‘mileStone’ est Tag magnétique.

Cette propriété peut avoir deux valeurs :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Propriété | Valeur | Format de valeur |
| magOrientation | North | ~~1 bit (1 ou 0)~~ 1 octet |
| South |
| magPower | -- | 1 octet |

Cette propriété est utilisée pour détecter l'apparition ou la disparition d’un tag. L’orientation magnétique du tag (nord ou sud) permet d’établir un séquencement précis des tags. Cela permet d’identifier toute disparition de tags définis dans le référentiel topologique ainsi que l’apparition de nouveaux tags non répertoriés. Pareil pour la puissance magnétique un enchainement bien défini permet de détecter l’apparition et la disparation d’un tag magnétique.

## Objet Plateforme de croisement

L’objet plateforme de croisement possède les propriétés suivantes :

* + Id
  + {} edgeId
  + {} nodeId

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **{} edgeId** | **--** | **Oui** |

## Objet passage à niveau

L’objet passage à niveau possède les propriétés suivantes :

* + Id
  + edgeId
  + ~~startNodeId~~
  + ~~endNodeId~~

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **edgeId** | **2 octets** | **Oui** |
| **{} ItineraryId** | **--** | **Oui** |

## Objet safetyZone

L’objet ‘safetyZone’ possède les propriétés suivantes :

* + Id : identifiant de ‘safetyZone’
  + Type : Peut-être permissive ou exclusive
  + {} itinéraire : Ensemble des itinéraires

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **Type** | **1 octet** | **Oui** |
| **{} ItineraryId** | **--** | **Oui** |
| **{} edgeId** | **--** | **Oui** |

Disposer à la fois des identifiants des itinéraires et des arcs constitue une forme de redondance, mais cela facilite la construction de l’ensemble des données nécessaires au fonctionnement de l’AD.

## Objet point de recharge

L’objet point de recharge ‘chargingPoint’ possède les propriétés suivantes :

* + Id : identifiant unique de l’objet
  + L’arc représentant la zone de recharge

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **edgeId** | **2 octets** | **Oui** |

L’identifiant de l’objet ‘chargingPoint’ est codé sur deux octets. J’ai choisi d’y intégrer directement les propriétés ‘startNodeId’ et ‘endNodeId’ plutôt qu’un identifiant d’arc, dans le but de simplifier les calculs côté calculateur.

Étant donné que la mission est décrite comme un ensemble de nœuds, il est plus simple d’identifier un ‘chargingPoint’ par ses deux nœuds de début et de fin, plutôt que par l’arc lui-même.

## Objet itinéraire

L’objet itinéraire représente le parcours que peut emprunter le véhicule. Il possède les propriétés suivantes :

* + Id : identifiant unique de l’itinéraire
  + Nœud de départ : point de départ du parcours
  + Nœud de fin : point d’arrivée du parcours

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **edgeId** | **2 octets** | **Oui** |

## Objet zone règlementée

L’objet zone règlementée ‘RegulatedZone’ représente la zone avec des règles ou des exceptions à autoriser. L’objet possède ces propriétés

* + Id : identifiant de la zone
  + {} edgeId
  + RuleCode (Règle/exception )

Cette zone peut couvrir les tunnels, les zone sans couverture des réseaux les zones nécessitant des signales sonores spécifique.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **2 octets** | **Oui** |
| **{} edgeId** | **---** | **Oui** |
| **RuleCode** | **1 octet** | **Oui** |

Les valeurs possibles de la propriété ‘Rule’ de ‘RegulatedZone’ :

* STANDARD : La zone ne comporte aucune règle particulière ni exception à appliquer.
* AVAS\_ON : Un signal sonore (AVAS) doit être émis ; son comportement peut varier selon la configuration.
* INTERIOR\_LIGHT\_ON : Indique l’obligation d’allumer les lumières intérieures du véhicule.
* NETWORK\_NO\_COVERAGE : Indique que le véhicule entre dans une zone blanche, sans couverture réseau. L’absence des messages d’acquittement doit alors être interprétée comme normale.
* NETWORK\_LIMITED\_COVERAGE : Indique une zone à couverture réseau limitée ou instable. Des perturbations dans la réception des messages d’acquittement peuvent survenir et doivent être tolérées et interprétée comme normale.
* SLOPE\_UPHILL : indique que le véhicule roule dans une zone avec une pente ascendante.
* SLOPE\_DOWNHILL : indique que le véhicule roule dans une zone avec une pente descendante.

## Objet Tunnel

L’objet tunnel doit être représenté dans le référentiel topologique afin de permettre au véhicule de générer un état de localisation global ‘globalStatusLoc’ avec la valeur ‘atTunnel’.

Bien que cette information puisse également être déduite par le ‘TrafficManager’ côté supervision, il est préférable de laisser le véhicule la générer directement, étant donné qu’il dispose du niveau de sécurité requis pour cette responsabilité.

L’objet ‘Tunnel’ possède les propriétés suivantes :

* Id
* {} edgeId

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **1 octet** | **Oui** |
| **{}edgeId** | **--** | **Oui** |

## Objet Plateforme d’alignement

L’objet ‘PA’ doit être représenté dans le référentiel topologique afin de permettre au véhicule de générer un état de localisation global ‘globalStatusLoc’ avec la valeur ‘atPA’.

L’objet ‘PA’ possède les propriétés suivantes :

* Id
* {} edgeId

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Propriétés**** | ****Taille des données**** | ****Obligatoire**** |
| **Id** | **1 octet** | **Oui** |
| **{} edgeId** | **---** | **Oui** |

# Les formats de référentiel générés par l’éditeur topologique

L'éditeur topologique doit fournir deux formats de référentiel topologique distincts :

1. Le premier format est utilisé par le système de supervision, où la structure des données du référentiel n'est plus en JSON pour éviter l'allocation dynamique dans les modules de sécurité de la supervision. Ce format utilise des structures de données préalablement définies avec des tailles fixes.

2. Le deuxième format est entièrement numérique et destiné à être utilisé par le véhicule. Ce format suit un séquencement spécifique des octets, respecte des règles de codage précises et adopte la structure de données définie précédemment. L'objectif principal de ce format est d'optimiser la gestion de la mémoire du système côté véhicule. Voir document 1.4.14.Spéciifcation fonctionnelle\_Optimier le référentielle topologique\_FM-TZ-L4-TTP-G2-LIV-SIC-00123-v0.2

## Format en structures prédéfinies

Le référentiel topologique généré pour les modules sécuritaires de la supervision est un containeur contient les différents structures prédéfinis formant la ligne.

**Proposition** :

Des listes chainées pour la ligne chaque nœud représente un arc avec ces objets et leurs propriétés comme définit en haut.

Pareil pour les hubs et le PCs.

# Interprétation de référentiel topologique

## Mission et conditions de départ

La mission fournie par la supervision comprend une série des triplets des nœuds référenciés dans le référentiel topologique, qui définissent l'itinéraire à suivre pour accomplir cette course. Ces triplets formant les arcs constituants le parcourent à faire pendant la mission.

Le premier point de cette liste correspond au point de départ, et son identification initiale relève de la responsabilité du système global (supervision, procédures opérationnelles).

Une procédure opérationnelle, mise en œuvre lors de la phase de mise en exploitation, permet de repositionner le véhicule sur son point de départ. Cette étape correspond soit à une première mise en service du véhicule, soit à une remise en service après une opération de maintenance.

Dans le cadre de cette même procédure, l’opérateur alimente les sous-systèmes de régulation en fournissant les informations nécessaires, soit directement aux opérateurs du système, soit via un outil de saisie dédié.

Ces nœuds peuvent être de simples repères le long des rails ou être associés à des objets spécifiques. L’AD doit être capable d'extraire les propriétés de ces nœuds et de déterminer s’ils sont des point de références sur les rails, s’ils sont des arrêts sur les hubs ou les plateformes de croisement, s'ils marquent des embranchements, notamment lorsque ces dernières incluent des embranchements cela permet à l’AD de naviguer correctement et de prendre des décisions sur d’éventuelles bifurcations ou trifurcation, s'ils sont des points de références pour des zones sécuritaires au niveau des plateformes de croisement et les passages à niveau pour permettre au véhicule de respecter les contraintes sécuritaires et les bien appliquer.

Une configuration à mettre en place par rapport au taille maximal d’une mission (voir document protocole d’échange)

L'AD doit être capable de récupérer les propriétés de chaque nœud dont l'identifiant est dans la liste de la mission, après la reconstruction de la liste des nœuds complète à partir des triplets.

L’identifiant ID1 correspond au premier nœud de la mission.

## Installation de la topologie

Les approches décrites ci-dessous (au point 4.2) ne sont plus adaptées à la nouvelle définition des safetyZones et à leurs propriétés associées triplet.