



Définition d'un système STI intégré -  
Projet de système STI intégré pour la planification des services de transport au niveau local et régional  
Produit T3.3.1  
Output T3.1

## *Exigences pour la conception d'un système STI dans un environnement portuaire*

La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée



# Sommaire

[Sommaire](#)

[Acronyme](#)

[S](#)

[Préface](#)

[1. Objectif du projet](#)

[2. Description des activités](#)

[3. Exigences pour le logiciel proposé](#)

[Exigences fonctionnelles](#)

[Prérogatives non](#)

[fonctionnelles](#)

[4. Plateforme et architecture du système](#)

[5. Documents](#)

## Acronymes

C-ITS	Cooperative Intelligent Transportation System
GPS	Global Positioning System
KPI	Key Performance Indicator
ITS	Intelligent Transport System
LNR	Low Noise Routing
OSM	OpenStreetMap
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-everything

## Préface

Ce document définit les principales exigences d'un projet d'infrastructure portuaire STI-ITS (Intelligent Transport Systems). L'objectif de ce projet est de développer un système intelligent qui contribue à améliorer l'efficacité opérationnelle, la sécurité, l'environnement et la qualité de vie des communautés entourant le port. La mise en œuvre d'un système STI portuaire est essentielle pour relever les défis toujours croissants liés à la gestion des infrastructures portuaires, à la croissance du trafic de marchandises et de passagers, ainsi qu'à la réduction des impacts environnementaux, notamment le bruit.

Le port représente un élément clé de l'infrastructure économique d'une région, jouant un rôle crucial dans le transport des marchandises, la création d'emplois et la stimulation de la croissance économique. Cependant, les activités portuaires peuvent également générer des impacts négatifs sur la santé des personnes et sur l'environnement, notamment le bruit, la pollution atmosphérique et l'utilisation intensive des ressources naturelles. Il est donc impératif de trouver un équilibre entre les besoins opérationnels du port et le bien-être des communautés locales et de l'environnement.

Le système STI portuaire décrit ici est conçu pour relever ces défis de manière innovante et durable. L'adoption de technologies avancées et de solutions intelligentes nous permettra d'optimiser les opérations portuaires, de réduire les temps d'attente, d'améliorer la sécurité des travailleurs et de réduire les impacts environnementaux, notamment le bruit.

Ces exigences représentent un cadre directeur pour le projet STI portuaire, mais seront davantage personnalisées en fonction des besoins spécifiques du port où elles seront mises en œuvre. La participation active des parties prenantes, notamment les autorités portuaires, les communautés locales, les entreprises et les experts du secteur, est essentielle pour le succès du projet et pour garantir que les objectifs d'efficacité, de durabilité et de qualité de vie sont atteints de manière adéquate.

Avec ce cadre de référence, le catalogue de bonnes pratiques STI produit à la suite de l'activité T3.2, déjà compilé en collaboration avec les parties intéressées, constitue un point de référence. Le catalogue représente un ensemble de bonnes pratiques et de solutions éprouvées qui ont été efficaces dans des contextes similaires, permettant au projet de tirer les leçons des expériences passées positives.

## 1. Objectif du projet

Dans le cadre d'un projet de système de transport intelligent portuaire, une série d'objectifs clés sont définis pour améliorer l'efficacité opérationnelle du port et réduire l'impact environnemental et social de ses activités. Un objectif fondamental est d'augmenter l'efficacité opérationnelle du port, dans le but de réduire les temps d'attente des navires et des transports terrestres, en améliorant la gestion des opérations de chargement et de déchargement des marchandises. Cela devrait optimiser la capacité de manutention des marchandises et rendre les opérations portuaires globales plus efficaces.

Réduire l'impact environnemental est un autre des objectifs premiers des activités portuaires. Des travaux sont en cours pour limiter la pollution atmosphérique et sonore associée au port, tout en cherchant à minimiser la consommation de ressources naturelles grâce à l'adoption de technologies durables et à la promotion de pratiques d'exploitation respectueuses de l'environnement. La sécurité est une priorité, avec des plans pour mettre en œuvre des systèmes de surveillance avancés et des alertes rapides pour garantir une sécurité maximale pendant les opérations portuaires, prévenir les accidents et protéger les travailleurs, les visiteurs et les communautés environnantes.

Le prochain objectif est de résoudre le problème de la congestion routière. Des travaux sont en cours pour améliorer la planification du trafic au sein du port afin d'éviter les retards et les embouteillages, tout en coordonnant plus efficacement les activités portuaires avec le système de transport terrestre environnant afin de réduire les flux de véhicules. L'implication active des communautés locales est essentielle, afin qu'elles se sentent partie intégrante de la planification et de la mise en œuvre des solutions STI portuaires. Une communication transparente sur les efforts visant à améliorer la qualité de vie dans les zones environnantes est essentielle.

Au sein du projet, la référence principale est les bonnes pratiques documentées pour guider la conception et la mise en œuvre efficace du système STI portuaire. L'objectif final est un suivi et une évaluation continus au moyen d'indicateurs de performance clés (KPI) pour garantir l'efficacité du système ITS et apporter des améliorations continues vers une gestion portuaire efficace et durable orientée vers le bien-être des communautés locales.

## 2. Description des activités

Dans le cadre du projet de développement de la plateforme ITS, un certain nombre d'activités clés sont impliquées afin de construire le logiciel selon les exigences nécessaires.

La première activité requise est la conception architecturale, qui définit l'architecture du système STI, y compris les principaux composants, interfaces, flux de données et technologies utilisés. Cette phase implique la création de schémas architecturaux et de spécifications techniques détaillées.

L'activité de développement logiciel suit la conception, au cours de laquelle des applications et des logiciels personnalisés sont créés pour répondre aux exigences identifiées dans le catalogue de bonnes pratiques STI (Produit T3.2.1). Nous procédons à la mise en œuvre d'algorithmes de gestion du trafic, de systèmes de surveillance, d'interfaces utilisateur et d'intégrations avec des appareils et des capteurs. De plus, nous effectuons des tests unitaires, des tests d'intégration et des tests d'acceptation des logiciels.

L'intégration des données est une phase critique, cruciale pour la mise en production de la plateforme ITS, et implique la connexion et l'intégration de dispositifs et de capteurs tels que des caméras de surveillance, des capteurs de trafic, des capteurs environnementaux et des systèmes de communication. Des *gateway* de communication sont prévus pour permettre l'échange de données entre les différents composants du système ITS. La mise en œuvre de systèmes de communication est également essentielle, impliquant la création de réseaux de communication à haut débit et la configuration de protocoles de communication et de sécurité pour protéger les données sensibles.

La sauvegarde et la protection des données sont toujours une priorité, c'est pourquoi des mesures de sécurité et des plans de gestion de la sécurité sont mis en œuvre pour protéger le système ITS contre les cybermenaces.

La phase de tests et de validation consiste à effectuer des tests approfondis pour vérifier le fonctionnement du logiciel ITS dans différentes conditions et scénarios. Le système est validé en situation réelle. La formation et la documentation sont essentielles pour garantir que le personnel impliqué dans l'utilisation et la maintenance du système STI soit correctement formé. Du matériel de formation et de la documentation technique, y compris des manuels d'utilisation et des lignes directrices, sont élaborés.

La mise en œuvre et l'intégration sur le terrain nécessitent l'installation physique de dispositifs et de composants du système STI, garantissant l'interopérabilité entre les différents systèmes et dispositifs. La surveillance et la maintenance continues sont des activités essentielles pour assurer le fonctionnement stable du système ITS. Des systèmes de surveillance en temps réel sont activés pour détecter toute anomalie ou défaut, et des plans de maintenance préventive et corrective sont mis en œuvre. La gestion de projet et le *reporting* comprennent la coordination des activités, la gestion des ressources et des rapports périodiques aux parties prenantes. L'avancement du projet est suivi par rapport aux plans initiaux et d'éventuels ajustements sont apportés.

Ces activités constituent le cœur du projet de développement de la plateforme ITS, dans le but de créer un système hautement efficace et sécurisé, capable de répondre aux besoins des parties intéressées.

### 3. Exigences pour le logiciel proposé

Le catalogue des bonnes pratiques des systèmes ITS (Produit T3.2.1) et une revue exhaustive de l'état de l'art dans ce domaine ont conduit à l'identification d'un besoin primordial pour une plateforme ITS : l'architecture des micro-services. D'autres exigences clés sont donc énumérées ci-dessous.

#### **Exigences fonctionnelles**

##### 1. Détection du bruit :

- Le système doit être capable de détecter et de surveiller les niveaux de bruit dans les zones entourant les routes et les infrastructures portuaires.
- Il doit être possible d'enregistrer et de stocker des données (sur un réseau/base de données propriétaire) sur le bruit en temps réel.
- Le système doit permettre la génération de rapports périodiques sur les mesures du niveau de bruit. Le système doit être capable de détecter et de surveiller les niveaux de bruit dans les zones entourant les routes et les infrastructures portuaires.
- Il doit être possible d'enregistrer et de stocker des données (sur un réseau/base de données propriétaire) sur le bruit en temps réel.
- Le système doit permettre la génération de rapports périodiques sur les mesures du niveau de bruit.

##### 2. Identification des itinéraires poids lourds :

- La plateforme doit être capable de détecter et d'identifier les véhicules lourds circulant sur différentes routes et itinéraires.
- Il doit être possible de suivre et d'enregistrer les itinéraires des poids lourds dans le temps.
- Le système doit permettre la génération de rapports sur l'utilisation des routes par les véhicules lourds.
- Pour chaque itinéraire, le système doit calculer une estimation de la densité de population des communes traversées et des habitations directement présentes en bord de route et affectées par une éventuelle augmentation du bruit.

##### 3. Intégration des micro-services :

- La plateforme doit intégrer des micro-services dédiés à la détection du bruit et à l'identification des itinéraires des poids lourds.
- Il doit être possible de gérer et de faire évoluer ces micro-services de manière flexible selon les besoins.

##### 4. Interface utilisateur intuitive :

- Le système doit fournir une interface utilisateur intuitive et accessible aux opérateurs et aux administrateurs.
- L'interface utilisateur doit permettre la visualisation des données en temps réel et l'accès aux rapports historiques.

#### **Prérogatives non fonctionnelles**

##### 1. Sécurité et confidentialité :

- Le système doit garantir la sécurité des données collectées, le respect de la vie privée des utilisateurs et le respect de la réglementation sur la protection des données personnelles.



- Des mesures de sécurité doivent être mises en œuvre pour empêcher tout accès non autorisé et pour protéger les informations sensibles.
2. Fiabilité et disponibilité :
- La plateforme ITS doit être hautement fiable et disponible, afin de pouvoir être utilisée en continu sans interruption significative.
  - Des procédures de sauvegarde et de récupération des données doivent être en place pour garantir la continuité opérationnelle.
3. Évolutivité :
- Le système doit être conçu pour être facilement évolutif afin de gérer une augmentation du volume de données et des capteurs sans compromettre les performances.
4. Intégration avec des systèmes externes :
- La plateforme doit pouvoir s'intégrer à d'autres systèmes ITS et systèmes de gestion du trafic portuaire.
  - La plateforme doit prendre en charge des normes de communication ouvertes et interopérables.
5. Maintenance et mises à jour :
- Il doit y avoir un calendrier pour la maintenance régulière du système et l'application des mises à jour logicielles.
  - La maintenance doit avoir un impact minimal sur les opérations en cours.
6. Documentation et formation:
- Une documentation technique détaillée doit être fournie aux opérateurs et administrateurs système.
  - Des sessions de formation doivent être dispensées pour assurer une bonne gestion du système.
7. Surveillance des performances:
- Le système doit permettre le suivi des performances des capteurs de détection de bruit et l'identification des itinéraires des véhicules lourds.
  - Il doit être possible de définir des seuils et des alertes en cas de performances anormales.
8. Respect des réglementations environnementales :
- La plateforme doit être conçue dans le respect de la réglementation environnementale en vigueur concernant la surveillance du bruit et de l'activité des poids lourds

## 4. Plateforme et architecture du système

L'infrastructure technologique de la plateforme ITS doit reposer sur les principes de solidité, de protection et d'adaptabilité du système. L'utilisation de réseaux et de serveurs dédiés assure la protection et la sauvegarde des données sensibles, évitant d'éventuelles cybermenaces et garantissant la confidentialité des informations.

L'infrastructure de données (voir Figure 1) comprend un réseau de capteurs de surveillance qui permettent la collecte de données en temps réel sur les conditions de circulation, routières et environnementales, permettant une analyse plus précise et une réponse plus rapide aux événements. Les capteurs communiquent via un réseau privé avec le centre de traitement qui comprend des serveurs dédiés à l'acquisition de données et à la gestion des micro-services nécessaires pour donner accès aux fonctionnalités du système. Les données collectées sont centralisées et répliquées sur plusieurs serveurs, dans le but de garantir une flexibilité maximale dans la création de services d'info mobilité et de surveillance, tout en maintenant un niveau de tolérance aux pannes adapté à l'importance et à la valeur des données traitées.

Lors de la mise en œuvre d'algorithmes d'analyse du trafic et de suggestion d'itinéraires minimisant le passage sur les routes traversant les agglomérations, il est essentiel de considérer plusieurs aspects. Nous commençons par l'acquisition et la mise à jour des données de trafic, qui doivent être opportunes et précises, provenant de sources fiables telles que des capteurs de trafic et des caméras de surveillance.

L'une des priorités est d'identifier clairement les routes qui traversent des agglomérations ou des zones densément peuplées. Ces informations sont cruciales pour éviter de telles routes dans les itinéraires proposés. Cependant, le choix de l'itinéraire optimal doit également prendre en compte d'autres facteurs tels que la distance la plus courte, le temps de trajet minimum et l'impact environnemental possible.

La sécurité routière est un élément de première importance. Les algorithmes doivent éviter les itinéraires qui présentent des risques élevés pour la sécurité, tels que les routes dangereuses ou encombrées. Ils doivent également respecter strictement la réglementation routière, notamment les limitations de vitesse et la signalisation routière.

Pour améliorer la précision des itinéraires, il est important de détecter et de prendre en compte les conditions de circulation actuelles, notamment les embouteillages, les accidents et les travaux routiers. De plus, les conducteurs devraient recevoir des informations en temps réel sur les itinéraires suggérés et les conditions routières actuelles via des applications ou des appareils de navigation.

Les utilisateurs devraient avoir la possibilité de personnaliser les itinéraires en fonction de leurs préférences individuelles, par exemple en évitant complètement les routes urbaines ou en privilégiant les routes panoramiques. De plus, les algorithmes doivent être efficaces sur le plan informatique pour calculer les itinéraires en temps opportun, en particulier lorsqu'il s'agit de volumes importants de données et d'utilisateurs.

L'intégration avec les services de navigation et les applications GPS est essentielle pour fournir des instructions détaillées aux conducteurs. Évaluez également l'effet environnemental des itinéraires, comme la minimisation des émissions de gaz à effet de serre ou la consommation de carburant

  peuvent être un aspect important à considérer.

Enfin, il est important de s'assurer que les algorithmes respectent toutes les réglementations et lois locales relatives à la navigation routière et à la protection de l'environnement. Un système de suivi et d'évaluation continu doit être mis en œuvre pour mesurer l'efficacité des algorithmes et apporter des améliorations continues. En résumé, la conception d'algorithmes de gestion du trafic nécessite une combinaison réfléchie d'efficacité opérationnelle, de sécurité routière et de considérations environnementales, dans le but d'optimiser les itinéraires proposés.

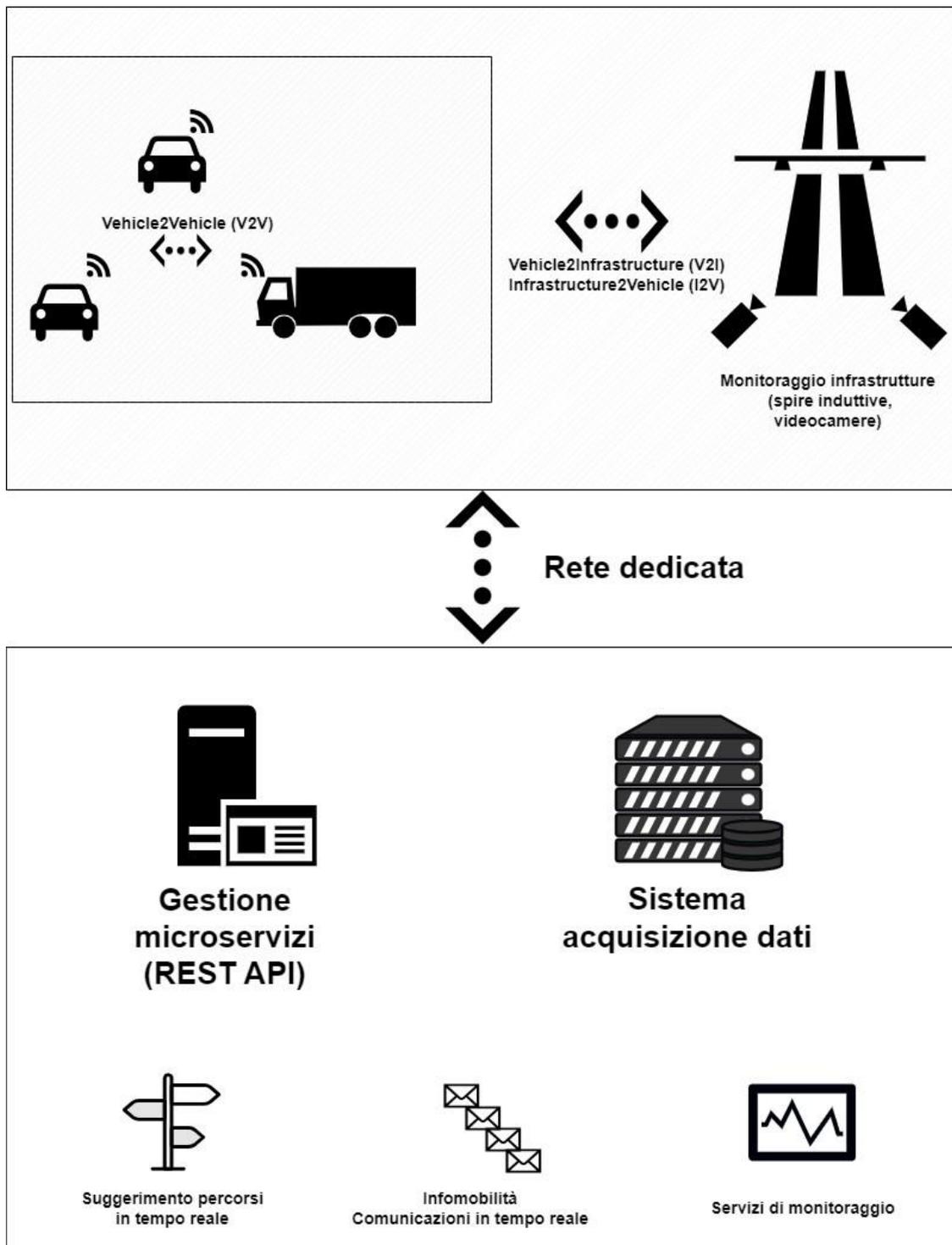


Figure 1 : architecture d'un système C-ITS (Cooperative Intelligent Transportation System). Les différents systèmes de communication (V2V, V2I, I2V) connectent entre elles les entités impliquées dans les flux de mobilité. Le système d'acquisition de données et de gestion des micro-services intègre toutes les informations reçues des infrastructures et des véhicules, afin de créer des services d'info mobilité et de surveillance.

## 5. Documents

La documentation de la plateforme ITS est essentielle pour garantir une mise en œuvre, une maintenance et une utilisation correctes du système. La documentation nécessaire comprend les éléments suivants.

### 1. Manuel d'utilisation :

- Un manuel d'utilisation complet et détaillé doit être fourni, expliquant de manière claire et accessible comment utiliser la plateforme ITS.
- Le manuel doit couvrir toutes les fonctionnalités clés et inclure des instructions étape par étape, des exemples et des illustrations.

### 2. Manuel d'installation et de configuration :

- Un manuel spécifique pour l'installation et la configuration du système ITS doit être disponible.
- Ce manuel doit guider les administrateurs dans l'installation correcte du logiciel et la configuration des composants matériels, y compris les capteurs et les dispositifs de communication.

### 3. Manuel d'entretien :

- Un manuel de maintenance décrivant les procédures de maintenance préventive et corrective de tous les composants de la plateforme ITS doit être fourni.
- Comprend des instructions pour remplacer les composants défectueux ou obsolètes et résoudre les problèmes courants.

### 4. Documentation technique :

- Une documentation technique détaillée doit être disponible pour les développeurs et les ingénieurs responsables de la personnalisation, de l'extension ou du dépannage du système.
- Cette documentation doit inclure des diagrammes architecturaux, des spécifications d'interface, des API et d'autres informations techniques pertinentes.

### 5. Documentation des exigences :

- Il est essentiel de documenter clairement les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles du système STI.
- Cette documentation doit définir clairement les objectifs du système et les attentes des parties prenantes.

### 6. Documentation des politiques de sécurité et de confidentialité :

- Les politiques de sécurité et de confidentialité associées à la plateforme ITS doivent être documentées.
- Cette documentation doit expliquer comment les données sont protégées, gérées et partagées, dans le respect des lois et réglementations applicables.

### 7. Documentation des interfaces et des intégrations :

- Une documentation complète sur les interfaces et les intégrations avec d'autres systèmes ou appareils doit être mise à disposition
- Cette documentation doit expliquer comment les communications ont lieu et comment le système peut être intégré à d'autres systèmes STI.



8. Documentation des flux de données :

- Une documentation détaillée des flux de données au sein du système ITS doit être fournie.
- Cette documentation doit décrire la manière dont les données sont collectées, traitées, stockées et transmises au sein du système.

9. Planification des mises à jour et des améliorations :

- La documentation doit inclure un calendrier des mises à jour logicielles et matérielles, ainsi que des instructions sur la manière de les exécuter en toute sécurité.

10. Enregistrement des modifications :

- Il est important de conserver une trace des modifications apportées à la plate-forme ITS, y compris des détails sur qui a effectué les modifications et quand elles ont été effectuées.

11. Formation des utilisateurs :

- La documentation doit inclure un plan de formation pour les utilisateurs finaux, expliquant comment utiliser efficacement la plateforme ITS pour mener à bien leurs tâches spécifiques.

12. Assistance et contacts :

- Il doit être clair comment les utilisateurs peuvent obtenir de l'aide s'ils ont des problèmes ou des questions liés à la plateforme ITS. Fournir des contacts de référence est essentiel.

Veiller à ce que cette documentation soit facilement accessible, bien organisée et régulièrement mise à jour est essentiel pour garantir que la plateforme ITS est utilisée de manière efficace, sécurisée et conforme à la réglementation.

## 6. Cas d'utilisation: Low Noise Routing

Un système de routage à faible bruit (Low Noise Routing – LNR) est basé sur les exigences du système ITS décrites dans les points précédents de ce document. Compte tenu de ces exigences, le système de routage consiste en une verticalisation du système ITS.

Un système LNR nécessite une combinaison de données géographiques, d'algorithmes avancés, de technologies de communication et de services en temps réel. Dans ce contexte, la capacité à s'adapter à l'évolution des conditions de circulation et aux préférences des utilisateurs est essentielle pour proposer des itinéraires efficaces et répondre aux besoins des utilisateurs.

Les exigences spécifiques du système de type LNR sont décrites par les éléments ci-dessous, tandis qu'un schéma conceptuel du système est fourni dans la figure 4.

### 1. Données géographiques et carte numérique

La carte OSM (OpenStreetMap<sup>1</sup>) est acquise et gérée par le système. La carte contient des informations sur les routes, les autoroutes, les sentiers, les centres de population, les limites de vitesse et d'autres caractéristiques géographiques. La figure 2 montre un exemple de rendu depuis OSM.

### 2. Sources de données spatiales

Pour minimiser le passage au sein des centres habités, le système doit avoir accès aux données relatives à la composition du territoire, afin d'enrichir le graphique routier avec des indices relatifs aux centres habités traversés par chaque segment routier (voir à ce propos Figure 3) .



*Figure 2 : Graphique routier OpenStreetMap superposé à une image satellite. La zone de la référence est composée des provinces de Livourne, Lucques et Pise*



*Figure 3 : données relatives à la densité de population superposées au graphique routier des provinces de Livourne, Lucques et Pise*

<sup>1</sup> <https://www.openstreetmap.org/>

### **3. Algorithmes de planification de chemin**

Les algorithmes de routage sont au cœur du système : ils doivent être capables de calculer des itinéraires optimaux qui tiennent compte des besoins de minimisation de l'impact acoustique dans les zones résidentielles.

### **4. Interface utilisateur**

L'interface utilisateur doit permettre aux utilisateurs de saisir leurs préférences d'itinéraire et d'afficher les directions d'une manière compatible avec les besoins des conducteurs.

### **5. Applications mobiles ou appareils de navigation**

Le système est accessible via des applications mobiles ou des appareils de navigation Android dédiés. Ces appareils doivent être capables de recevoir et d'afficher des indications, ainsi que de communiquer avec le serveur pour des mises à jour en temps réel.

### **6. Systèmes de positionnement**

Le système de référence pour les données de positionnement des véhicules est le GPS.

### **7. Géocodage et géocodage inversé**

Le système doit garantir l'accès à des services capables de traduire les adresses et les coordonnées géographiques entre elles (géocodage et géocodage inversé). Ceux-ci sont utiles pour déterminer l'emplacement exact des adresses saisies par les utilisateurs et pour identifier les zones urbaines.

### **8. Intégration de la base de données de points d'intérêt (POI)**

Pour enrichir l'expérience utilisateur, le système peut intégrer des informations sur les points d'intérêt, tels que les restaurants, les stations-service, les hôtels et autres lieux d'intérêt.

### **9. Sécurité et confidentialité**

La sécurité de vos données et le respect de votre vie privée sont d'une extrême importance. L'infrastructure doit inclure des mesures de sécurité pour protéger les données sensibles des utilisateurs.

### **10. Maintenance et mises à jour**

L'infrastructure doit disposer d'un plan de maintenance régulière pour garantir que les cartes et les données sont à jour et que le système est toujours fiable.

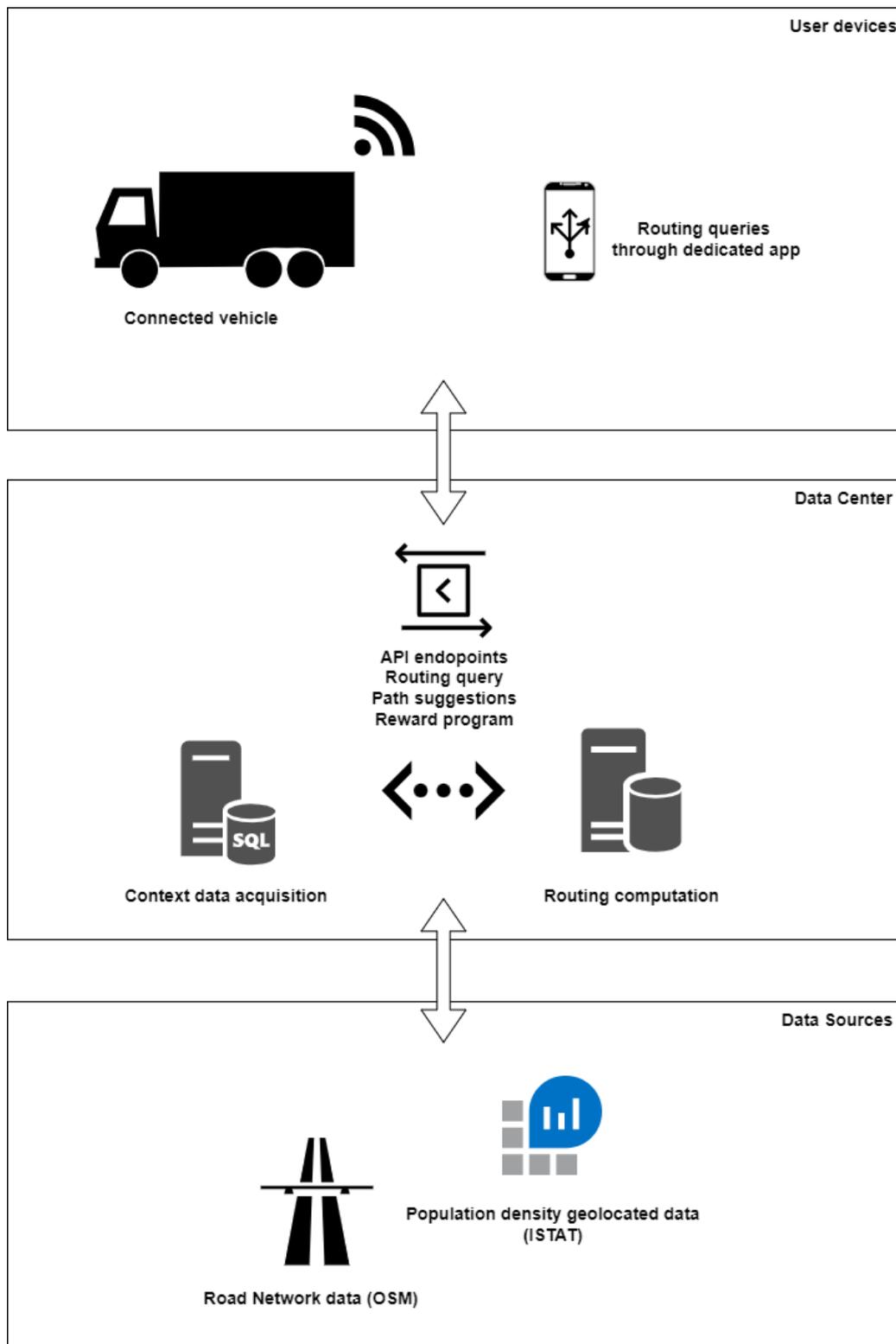


Figure 4 : architecture du système de proposition d'itinéraires à faible impact sonore. Les dispositifs installés sur le moyen de transport communiquent avec le système, sollicitant des suggestions sur les itinéraires à suivre pour atteindre la destination, participant à un plan d'incitation basé sur le respect des suggestions reçues.