

Projet L.I.S.T. PORT

Limitation de la pollution sonore due au trafic dans les ports de commerce

| | |
|----------------|---|
| Composant | T2 : Etudes visant à développer des modèles de simulation transport/environnement |
| Activités | T2.4 : Système d'information sur la mobilité intégré ITS transfrontalier basé sur les APPs |
| Produit | T2.4.1: Système intégré intelligent ITS |
| Lieu et date : | Cagliari novembre 2021 |

| | | | |
|---|----|--|------|
| LA PARTIE RESPONSABLE DE LA RÉDACTION DU DOCUMENT | | Prof. Ing. Paolo Fadda Ing. Federico Sollai | |
| CHEF DE PROJET SCIENTIFIQUE | | Prof. Ing. Paolo Fadda | |
| CHEF DE PROJET TECHNIQUE | | Ing. Federico Sollai | |
| LES RÉDACTEURS DU DOCUMENT | | Ing. Federico Sollai | |
| Numéro de révision. | 00 | Del | Date |

RESUME

| | | |
|---------|---|----|
| 1. | LISTE PORT RÉSUMÉ DU PROJET | 3 |
| 1.1 | Le système ITS LIST-PORT - Description générale - | 6 |
| 1.2 | Plate-forme pour l'interfaçage des systèmes PMV, de surveillance du trafic et APP | 8 |
| 1.2.1 | Description de la plate-forme | 8 |
| 1.2.2 | La plateforme de dialogue entre les systèmes | 10 |
| 1.2.2.1 | Description du système | 11 |
| 1.2.2.2 | Fonctionnalité | 11 |
| 1.2.2.3 | Architecture | 12 |
| 1.2.2.4 | Technologies | 15 |
| | Index des figures | 17 |

1. LISTE PORT RÉSUMÉ DU PROJET

Le bruit généré par les activités portuaires est principalement attribuable à deux composantes : les activités portuaires à l'intérieur du port et le trafic léger et lourd attiré par le nœud et transitant vers les infrastructures routières de connexion. En particulier, les émissions causées par le trafic routier ne se limitent pas à celles émises à l'intérieur du port mais, en ce qui concerne le trafic de desserte, elles sont principalement émises le long du réseau routier qui entre dans la ville et la traverse en direction des entrées du port, avec des niveaux de pression acoustique élevés aux heures de pointe lorsque les navires embarquent et débarquent. Le défi du projet List-Port était d'identifier, par le biais d'une approche commune et systémique, des interventions visant à atténuer le bruit généré par une telle intensité de trafic par la réalisation d'un système de transport intelligent (ITS) intégré pour la gestion de la mobilité, capable de fournir automatiquement des messages d'info-mobilité capables de modifier les itinéraires des utilisateurs, de rationaliser les flux de véhicules, en envoyant des informations à l'utilisateur sur la base d'élaborations réalisées avec des modèles de trafic. Ces modèles, en fonction des flux de véhicules détectés instantanément, évaluent en temps réel l'état acoustique et environnemental du système, et, en cas de dépassement des limites d'impact, permettent de rationaliser et de réaffecter les flux sur le réseau.

Les technologies STI sont des outils fondamentaux pour la planification de la mobilité urbaine et aident les autorités publiques (AP) à atteindre leurs objectifs stratégiques et à gérer des opérations concrètes de gestion du trafic, notamment en s'attaquant aux problèmes directs de bien-être et de pollution de l'environnement causés par le trafic. La gestion intégrée et systémique de ces outils permet une gestion coordonnée des réseaux routiers et facilite la mise en œuvre de schémas intégrés de logistique urbaine et d'accès réglementé, visant notamment à réduire la pression de la pollution environnementale et sonore sur les villes, en particulier celles où la présence de nœuds portuaires accentue l'attraction du trafic léger et commercial. Les résultats de l'expérimentation du système ITS permettent de déterminer le niveau de réponse à la résolution du problème de la pollution sonore, mettant également en évidence les niveaux d'utilisabilité du système par les opérateurs de l'AP chargés de sa gestion, et par les utilisateurs qui l'utilisent (utilisateurs attirés et générés par le nœud portuaire). L'architecture et les aspects technico-scientifiques du système LIST PORT ont été conçus selon une approche à caractère expérimental, scientifique et technologique ouvert, capable de favoriser son développement ultérieur et son application dans d'autres contextes.

La phase préparatoire de l'application visait à surveiller les niveaux de trafic et de bruit dans les ports et sur les grands axes routiers ; elle a été suivie par la modélisation des réseaux routiers avec le logiciel SUMO (Simulation of Urban MObility), afin de disposer d'un modèle virtuel capable de simuler de nouveaux scénarios de réseau. En outre, une partie de la caractérisation acoustique a été développée dans le but de définir le climat acoustique environnemental des villes pilotes et d'identifier, pour les différentes périodes de la journée, les zones et les points sensibles les plus soumis à des niveaux de pression acoustique supérieurs aux seuils .

Après avoir évalué les criticités et les avoir comparées aux niveaux de pression acoustique aux points sensibles du réseau, des solutions alternatives de déplacement et/ou d'accès aux ports ont été identifiées, à mettre en place grâce à l'utilisation de systèmes ITS basés sur des plateformes d'info-mobilité (PMV ou APP) capables à la fois de fournir des informations aux conducteurs en temps réel sur les itinéraires alternatifs et de créer des blocages sur certains axes routiers accompagnés de l'indication de la présence de situations de congestion. La plateforme ITS du projet LIST-PORT, sur la base des données d'entrée du trafic collectées en temps réel à partir du système de surveillance du trafic des véhicules et de leur traitement ultérieur par le modèle de simulation-prédiction du bruit des transports, est capable de gérer de manière automatique, intégrée et simultanée les messages et les informations d'info-mobilité à envoyer aux utilisateurs (conducteurs). Les messages acheminés, selon le système avec lequel ils sont acheminés ou traités, sont de deux types :

- **la proximité** grâce à des panneaux à messages variables (PMV) placés le long des routes menant au port et de celles permettant de sortir du port vers les destinations finales ;
- **information/planification des déplacements** par le biais d'APP à installer sur les dispositifs mobiles (smartphones, tablettes ou autres dispositifs mobiles connectés à Internet), qui permettent, avant le début du trajet ou en tout cas avant que le véhicule ne pénètre sur le réseau routier urbain menant au nœud portuaire, de connaître l'état de congestion des routes, le niveau d'émission sonore avec une indication des éventuelles criticités. Ceci afin de planifier consciemment le voyage et les itinéraires possibles,

Les deux systèmes ont pour fonction de modifier les itinéraires des usagers se dirigeant vers les portes d'accès du port et en sortant, ainsi que de générer des informations et de définir des itinéraires alternatifs pour les usagers transitant sur le réseau routier du front de mer du port, afin de réduire l'impact sonore en redistribuant le trafic de véhicules sur le réseau routier.

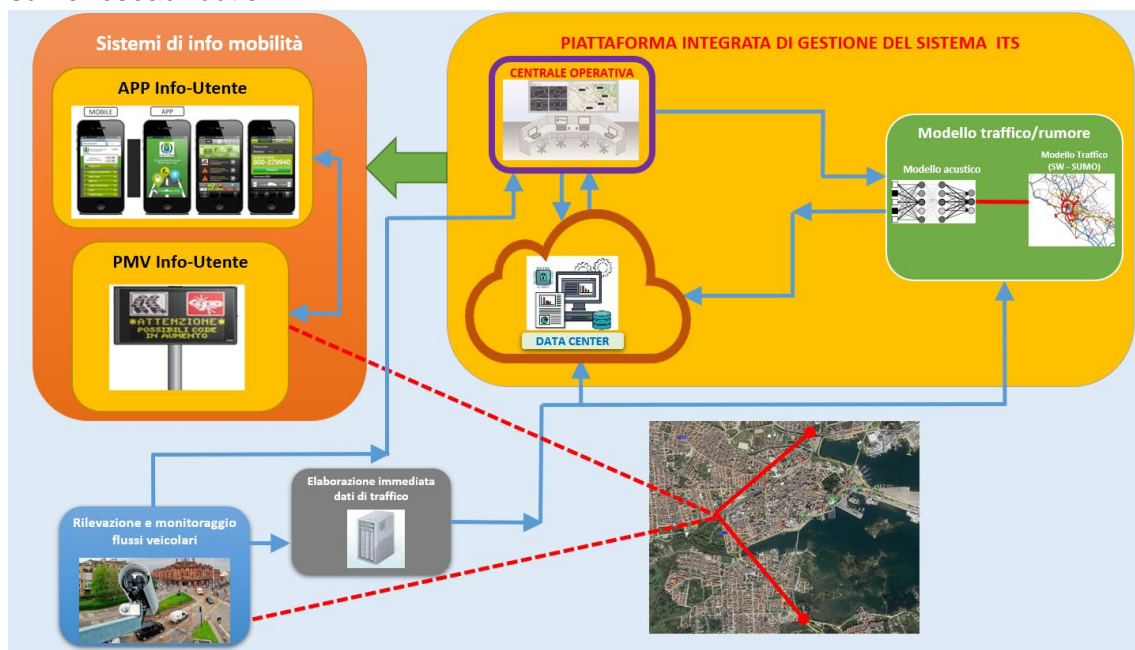


Figure 1 L'architecture du système ITS LIST-PORT

Sur Figure 1 montre l'architecture du système ITS LIST-PORT, dans lequel la dynamique du flux d'informations au sein du système est schématisée.

Avec l'action d'évaluation ex post, grâce à une campagne de surveillance simultanée du trafic et du bruit, on mesurera l'ampleur de la diminution de la pression du trafic et du bruit suite à l'introduction du système ITS LIST-PORT. Les bénéficiaires finaux seront les résidents et les visiteurs des villes portuaires, tandis que les bénéficiaires de second niveau seront les opérateurs portuaires, qui pourront compter sur une gestion optimale de l'accès au port et une gestion plus efficace du trafic interne. Le projet, dans l'esprit des programmes Interreg IT-FR, est basé sur une approche transfrontalière, où les résultats obtenus lors des expériences dans les quatre villes pilotes seront évalués et comparés par rapport aux différentes configurations urbaines, orographiques et territoriales, afin de définir une standardisation méthodologique et de modélisation et leur reproductibilité ultérieure dans d'autres contextes portuaires. Le projet est innovant à la fois en termes de contenu et de méthode : en termes de contenu, parce qu'il aborde la question de la gestion du trafic par le biais de systèmes STI intégrés et interconnectés ; en termes de méthode, parce que cette question est abordée conjointement pour les contextes portuaires et urbains.

Le projet LIST-PORT visait à poursuivre certains des objectifs envisagés dans la directive 2002/49/CE, notamment : le partage d'une politique intégrée et synergique d'actions visant à réduire la pollution sonore et le développement de bonnes pratiques capables de définir une approche méthodologique standardisée pour les différentes villes portuaires ; la définition d'un parcours de projet qui se prête à l'extensibilité et à la réplication dans d'autres contextes urbano-portuaires. Le projet a également permis de poursuivre les objectifs suivants : développer des processus pour informer l'opinion publique et le personnel portuaire sur l'ampleur du bruit dans l'environnement et ses effets ; lancer des stratégies communes à long terme visant à réduire le nombre de citoyens exposés à des niveaux élevés de bruit dans l'environnement. En ce sens, le fait d'avoir abordé le problème par le biais d'une comparaison transfrontalière entre plusieurs villes portuaires européennes a permis de définir cette variété d'expériences et de résultats qui sont le fruit d'une évaluation de l'ensemble des criticités propres à chaque ville pilote portuaire. En expérimentant le modèle dans les 4 villes portuaires examinées (Olbia, Bastia, Vado Ligure, Piombino), qui diffèrent en termes de conformation, de trafic, de viabilité, d'orographie et de disposition urbaine, il a été possible de définir un processus de généralisation qui permettra la réplicabilité dans d'autres contextes portuaires. Le point fort de cette approche était la coopération transfrontalière entre les partenaires du projet et la comparaison entre différentes villes portuaires européennes. L'échange d'expériences sur les différents contextes urbains/territoriaux a également été analysé par rapport à la déclinaison différente des réglementations européennes dans les différents états et régions et aux différentes réglementations et règles au niveau local, provincial et régional, avec des limites et des classes de bruit souvent beaucoup plus articulées que celles des lois nationales. En outre, la diversification des partenaires a permis de définir la variété des expériences et des résultats, qui consistent en l'évaluation de l'ensemble des criticités locales individuelles visant à définir les actions du système nécessaires pour aborder le problème du bruit/de la pollution atmosphérique

dans sa globalité. Aborder le problème uniquement au niveau local n'aurait pas garanti un nombre suffisant d'études de cas, nécessaires pour pouvoir standardiser le processus et la méthodologie d'application du modèle ; de plus, cela n'aurait pas garanti, dans la phase d'expérimentation, la gamme suffisante d'informations nécessaires pour valider le modèle et le rendre évolutif et reproductible dans d'autres réalités.

Les paragraphes suivants décrivent brièvement les activités et les résultats développés dans le cadre du projet.

1.1 Le système ITS LIST-PORT - Description générale -

Les technologies des systèmes de transport intelligents (STI) sont des outils fondamentaux pour la planification de la mobilité urbaine et aident les autorités publiques (AP) à atteindre leurs objectifs stratégiques et à gérer les opérations concrètes de gestion du trafic, notamment en s'attaquant aux problèmes directs de bien-être et de pollution de l'environnement qu'engendre le trafic. Ces systèmes aident également les utilisateurs finaux en leur permettant de faire des choix éclairés en matière de mobilité, par exemple en optimisant l'utilisation des infrastructures existantes par divers moyens, tels que les feux de circulation, les systèmes de planification d'itinéraire ou les systèmes coopératifs (y compris les systèmes de communication entre véhicules et entre véhicules et infrastructures). L'intégration de ces outils selon une logique systémique assure une meilleure gestion des réseaux routiers et des transports publics et facilite la mise en œuvre de schémas intégrés de logistique urbaine et d'accès réglementé, surtout s'ils visent à réduire la pression de la pollution environnementale et sonore sur les villes, notamment celles où la présence de nœuds portuaires accentue l'attraction du trafic léger et lourd.

Après avoir défini le contexte, les systèmes STI envisagés dans la composante du projet LIST-PORT ont été développés selon un processus et une architecture de système tels qu'ils peuvent être facilement mis en œuvre et utilisés même après la fin du projet. L'un des aspects qui les caractérisent est précisément leur fonctionnalité et l'autonomie de gestion qui subsiste au-delà de la conclusion du projet. En effet, une fois la phase d'expérimentation du système terminée, la gestion et les mises en œuvre ultérieures seront à la charge des AP partenaires bénéficiaires du projet (Villes et Autorités portuaires d'Olbia, Vado Ligure, Piombino et Bastia), qui, compte tenu des activités de formation prévues, seront en mesure de gérer le système de manière autonome.

Une fois l'installation et la mise en œuvre des systèmes achevées dans les quatre villes portuaires pilotes, une phase de test du système a été prévue, avec d'autres mesures acoustiques coordonnées avec les mesures de trafic nécessaires pour évaluer l'efficacité et la réponse des systèmes ITS aux objectifs du projet, ainsi que pour évaluer les niveaux d'utilisabilité du système par les opérateurs PA chargés de la gestion et les utilisateurs qui, eux, l'utilisent (utilisateurs attirés et générés par le nœud portuaire).

Les modules du système ITS LIST-PORT ont été conçus en conformité avec la directive 2010/40/UE concernant le cadre général pour le déploiement de systèmes de transport intelligents dans le domaine du transport routier et de ses interfaces avec d'autres modes de transport, règlement délégué n° 886/2013. En particulier, conformément aux indications qui établissent les spécifications pour assurer la compatibilité, l'interopérabilité et la continuité dans l'activation et le fonctionnement des données et

des procédures pour la communication gratuite aux utilisateurs d'informations universelles minimales sur le trafic liées à la sécurité routière. En outre, la directive 2003/98/CE du Parlement européen et du Conseil concernant la réutilisation des informations du secteur public a été respectée pour la diffusion gratuite et simple d'informations ou de données détenues par des organismes publics.

Les systèmes développés peuvent être ultérieurement améliorés et perfectionnés grâce à l'architecture "ouverte" du système et à la configuration de la plate-forme, qui est conçue pour pouvoir interagir avec d'autres systèmes STI, ou morè généralement pour utiliser des données et des mesures supplémentaires sur la mobilité des personnes, des véhicules privés et des systèmes de transport public provenant d'autres systèmes. En ce sens, la gamme des services offerts et le public des utilisateurs/utilisateurs finaux potentiels pourraient être élargis par rapport à ceux qui ont participé au développement et à l'essai du projet. Le système est également facilement extensible à différentes réalités territoriales en dehors de la zone de coopération, et possède une architecture ouverte et extensible. Il est surtout conçu pour traiter des données et des informations "ouvertes" provenant de différentes stations PA, ainsi que d'autres systèmes ITS structurés selon une architecture ouverte et utilisant des données ouvertes.

Le système intégré ITS LIST-PORT garantit la reproductibilité et l'évolutivité dans d'autres contextes en dehors du projet car il respecte les exigences et les principes suivants :

- a) apporte un soutien aux problèmes de transport routier, tels que la congestion du trafic, les émissions de polluants, et indirectement à l'efficacité énergétique et à la sécurité des usagers de la route ;
- b) assure l'interopérabilité ; en effet, les systèmes de gestion et d'exploitation garantissent la capacité de partager des informations et des données afin d'être facilement mis en œuvre, intégrés, extensibles et évolutifs dans d'autres réalités différentes sans difficultés particulières, sauf celles liées à la mise en œuvre des informations spécifiques qui caractérisent le contexte dans lequel il est appliqué. (informations et données descriptives du système de transport, et scénarios de réorganisation de ce même système en fonction des criticités détectées) ;
- c) promeut, par le biais des systèmes STI de LIST PORT, l'égalité d'accès à l'information et la non-discrimination à l'égard des groupes faibles et défavorisés,
- d) offre des niveaux élevés de qualité de service et de déploiement car il est facile à mettre en œuvre et évolutif pour tenir compte des spécificités locales, régionales et nationales ;
- e) est conçu pour être intégrable avec d'autres technologies déjà disponibles dans les réseaux et systèmes STI existants ;
- f) garantit la rétrocompatibilité des solutions adoptées, et assure la capacité de travailler avec les systèmes STI existants ayant des objectifs communs ou similaires.

Avec ces critères d'efficacité, de rationalisation et d'économie d'utilisation, les produits de base du système LIST-PORT ont été créés pour être mis à la disposition des AP en dehors de la zone de coopération. Pour atteindre ces objectifs, le projet répond aux lignes d'action suivantes :

- a) une explication détaillée de l'architecture et des éléments nécessaires pour développer, étendre, maintenir et gérer la plate-forme.
- b) la mise à disposition gratuite de modèles de référence et de normes de conception technique pour le système, afin de promouvoir et de réaliser l'interopérabilité et la cohérence du système ITS LIST-PORT avec ceux disponibles dans les États transfrontaliers et avec les systèmes similaires au sein de l'UE ;
- c) la disponibilité de bases de données destinées à alimenter le système ITS List Port, qui sont interopérables et facilement accessibles conformément aux normes européennes en matière de données ouvertes.
- d) la polyvalence de l'architecture du système, capable à l'avenir d'alimenter en données les géolocalisations des véhicules du système de satellites EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) et GALILEO pour les services de navigation par satellite soutenant le transport de personnes et de marchandises.

Il convient également de souligner que la formation à l'utilisation du système ITS LIST PORT destinée aux opérateurs de l'AP est en soi une garantie de la durabilité des résultats de la composante dans le temps, étant donné que le système a commencé comme un projet pilote expérimental, mais qu'il est destiné à être la première action visant à son développement et à sa mise en œuvre ultérieurs, tant en termes de nombre d'équipements et de systèmes installés que d'interopérabilité ultérieure avec d'autres systèmes ITS de gestion du trafic tels que les points d'accès portuaires.

1.2 Plate-forme pour l'interfaçage des systèmes PMV, de surveillance du trafic et APP

La "plate-forme logicielle/applicative", en italien et en français, permet la communication entre le système INFO-Mobilité avec les stations à messages variables (PMV) et le contrôle du trafic et l'APP List Port, en envoyant des "entrées" de routage des véhicules en fonction des niveaux-seuils de pression acoustique évalués par l'application du modèle Harmonoise ou de la méthodologie CNOSSOS-UE. Les deux systèmes à interfacier sont destinés à l'acheminement des véhicules sortant du port des villes portuaires pilotes d'Olbia, Bastia, Vado Ligure et Piombino.

1.2.1 Description de la plate-forme

La "plate-forme ou le logiciel/application" permet la communication entre les APP et le système INFO-Mobilité avec le PMV (cfr. Figure 2), en envoyant des "entrées" aux deux systèmes lorsque le niveau d'émission de bruit généré par le trafic dépasse un certain seuil. Les entrées, consistant à envoyer des informations sur le dépassement des seuils critiques d'émission sonore, activent les scénarios de trafic (prédéfinis et définis pour les différentes villes portuaires pilotes (Bastia, Vado Ligure, Olbia, Piombino) à la fois sur le PMV (informations de proximité) et sur l'application (planification du voyage). Le module d'évaluation des émissions sonores, en fonction des données de trafic collectées par les caméras ou les enregistreurs radar, devra traiter ces données de trafic et évaluer, en plus du niveau de congestion du trafic, le niveau d'émission sonore généré par celui-ci.

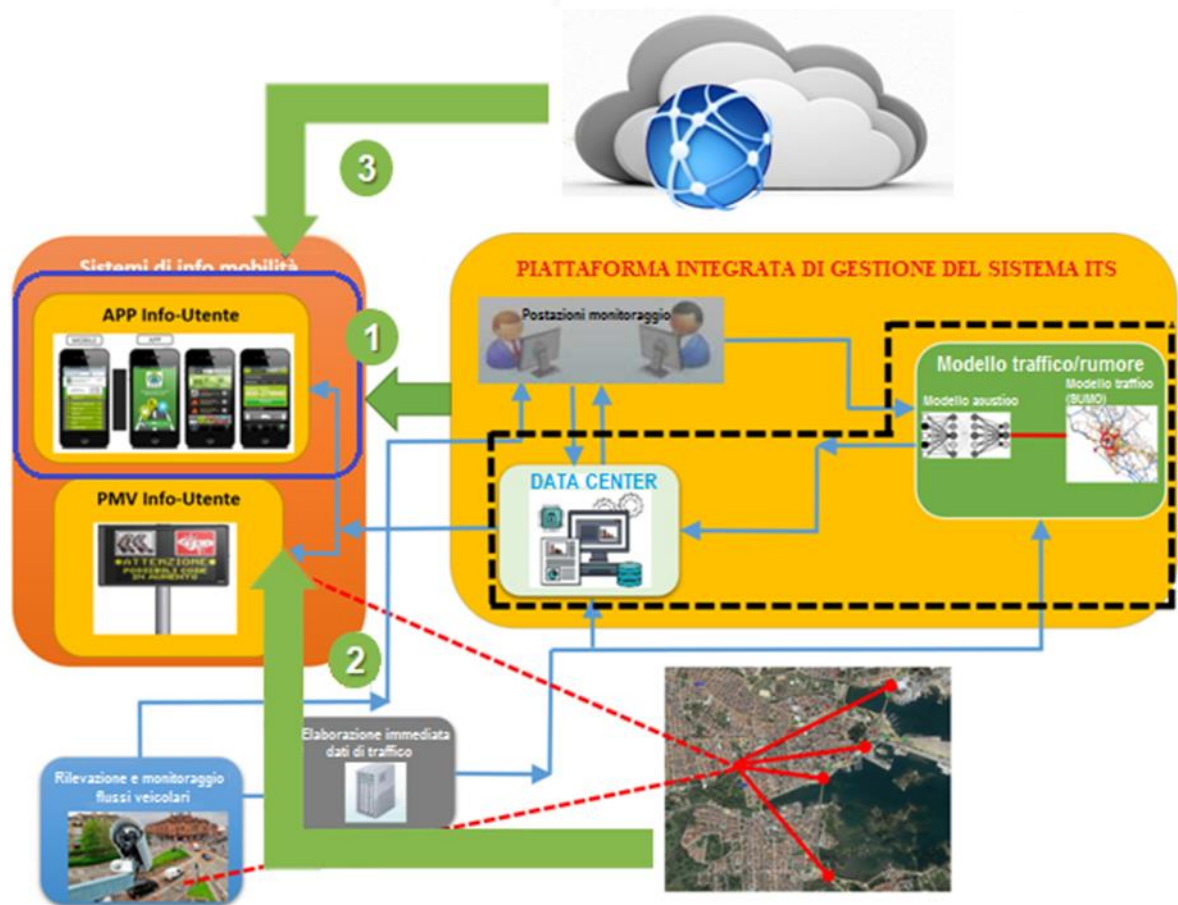


Figure 2: Intégration de l'application au système ITS des PMV

La "plate-forme logicielle/applicative" est intégrée à un sous-module permettant de déterminer les émissions sonores du trafic automobile. La plateforme d'application fonde également les stratégies de routage non seulement sur les conditions d'encombrement actuelles, mais aussi sur les émissions sonores que les niveaux de trafic provoquent. En particulier, pour la détermination des scénarios de trajets, les émissions sonores du trafic automobile sont comparées aux valeurs limites fixées par la réglementation. Si les valeurs limites sont dépassées, les véhicules seront dirigés de manière appropriée vers des itinéraires alternatifs.

Pour la détermination des émissions sonores, on a utilisé les descripteurs acoustiques L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} définis dans la directive sur le *bruit dans l'environnement* (directive 2002/49/CE) et, en ce qui concerne l'Italie, dans le décret législatif n° 194 du 19 août 2005 (mis à jour par le décret législatif 42/2017), ainsi que la réglementation française spécifique dans le cas de la ville portuaire pilote de Bastia. Pour l'Italie, seules les valeurs limites pour L_{day} et L_{night} ont été fixées ; ces valeurs limites sont définies dans le DPCM 14/11/1997.

Seules les émissions sonores sont prises en compte et non les immissions sonores. Le calcul des émissions sonores a été développé par une application du modèle Harmonoise et de la méthodologie CNOSSOS-UE (prévue par la réglementation).

Le modèle Harmonoise utilisé est décrit en détail dans le rapport : Note R., Barelds R., Van Maercke D., 2005. *Méthode d'ingénierie Harmonoise WP 3 pour le bruit du trafic routier et ferroviaire après validation et mise au point*. Rapport technique HAR32TR-040922-DGMR20.consortium du projet Harmonoise Editions, Bruxelles.

La méthodologie CNOSSOS-EU est décrite en détail dans la directive européenne n° 1996 de 2015 : Journal officiel de la Communauté européenne, directive (UE) 2015/996 de la Commission du 19 mai 2015.

Les données relatives au trafic, en particulier les flux de véhicules ventilés par type et par vitesse, nécessaires aux calculs des émissions sonores, sont fournies par le système de surveillance du trafic avec des caméras, des enregistreurs de radar laser ou des bobines, qui fait partie du système d'info-mobilité avec PMV et auquel la "plate-forme logicielle/applicative" s'interface.

Considérant que le modèle Harmonoise et la méthodologie CNOSSOS-EU nécessitent un très grand nombre de données d'entrée, bien supérieures à celles fournies par les caméras, des simplifications appropriées ont été apportées à la méthodologie de calcul. La "plateforme logicielle/applicative" met en œuvre le modèle de détermination des émissions sonores du trafic et est intégrée à la fois à l'application LIST-PORT et au système Info-Mobility avec PMV et système de surveillance du trafic. Cette "plateforme logicielle/applicative" étend l'application LIST-PORT, développée de manière unique, aux 4 villes portuaires pilotes et à 4 systèmes d'info-mobilité avec PMV (ces derniers comprenant également le système de surveillance du trafic). Le système a été réalisé pour :

- a) Mettre en œuvre un module logiciel/application qui code les fonctionnalités d'estimation des émissions sonores selon le modèle Harmonoise dans un modèle exécutable ;
- b) Intégrer le module d'estimation du bruit dans le système back-end du LIST Port App (plateforme myMaaSemiXer) ;
- c) Intégration dans le back-end de l'application LIST Port (plateforme myMaaSemiXer) des fonctionnalités logicielles nécessaires à l'extension des critères de décision pour le traitement des flux de véhicules utilisant les prédictions du module d'estimation des émissions sonores.
- d) Intégrer dans le back-end du système Info-Mobilité avec PMV LIST Port (plateforme myMaaSemiXer) les fonctionnalités logicielles nécessaires à l'extension des critères de décision pour traiter les flux de véhicules en utilisant les prédictions du module d'estimation des émissions sonores.

Les critères et les stratégies de traitement des flux sur la base des conditions de congestion et des émissions sonores à appliquer dans les villes portuaires pilotes sont ceux définis à la prduit T2.2.1 et ont été mis en œuvre et intégrés dans l'application du modèle décisionnel d'une manière conforme à ces critères et stratégies.

1.2.2 La plateforme de dialogue entre les systèmes

La plateforme de dialogue entre l'APP et le système Info-Mobility avec PMV et surveillance du trafic est un "logiciel/application" bilingue (italien et français), qui envoie des "entrées" de routage des véhicules en fonction des niveaux/seuils de pression acoustique.

1.2.2.1 Description du système

Le logiciel/application permet :

- a) l'interfaçage entre le système d'infomobilité LIST PORT, basé sur différents types de capteurs et de panneaux à messages variables (PMV) et mis en œuvre dans les sites pilotes du projet - Olbia, Bastia, Piombino et Vado Ligure - et l'application LIST PORT, également en cours de développement, destinée à fournir une aide aux voyageurs à destination et en provenance des terminaux portuaires des sites;
- b) l'extension et l'amélioration du système décisionnel pour l'acheminement des flux de trafic à l'entrée et à la sortie des zones portuaires susmentionnées, par la mise en œuvre et l'utilisation, dans le cadre des algorithmes décisionnels, d'un modèle d'estimation des niveaux de pollution sonore générés par les flux de trafic dans la zone, basé sur la méthodologie de modélisation Harmonoise ou CNOSSOS-UE.

1.2.2.2 Fonctionnalité

Le système mis en œuvre comporte les principales fonctionnalités et services suivants :

- 1) **Module d'estimation des émissions sonores.** Cette fonctionnalité sera réalisée par la mise en œuvre d'une application exécutable du modèle Harmonoise¹ ou de la méthodologie CNOSSOS-EU² pour l'estimation des émissions sonores des flux de véhicules. Le module d'estimation des émissions utilisera comme information d'entrée les données de flux acquises par les capteurs (CCTV, enregistreur radar) utilisés par le système List Port Infomobility avec PMV, et produira comme sortie l'estimation ponctuelle des émissions sonores (selon les descripteurs prévus par le règlement européen³, transposé par les règlements nationaux italien⁴ et français - pour le cas de Bastia). Ce module logiciel appliquera le modèle d'estimation des émissions sonores à intervalles réguliers aux données de débit acquises par le système de surveillance de List Port dans les différentes zones surveillées. Les estimations des émissions sonores se référeront à des mesures ponctuelles des flux de véhicules aux stations de mesure et de signalisation (PMV) installées sur les différents sites. Les estimations générées en sortie seront mises à la disposition du module de décision pour le routage des flux de véhicules. Les estimations des émissions sonores seront également stockées dans la base de données du système, ce qui rendra les données historicisées disponibles pour des traitements ultérieurs (consultation, exportation, analyse, etc.).
- 2) **Modèle de décision de routage de flux dépendant du bruit.** Ce module permet d'étendre le modèle de décision d'acheminement des flux de trafic de

¹ Note R., Barelds R., Van Maercke D., 2005. Méthode d'ingénierie Harmonoise WP 3 pour le bruit du trafic routier et ferroviaire après validation et mise au point. Rapport technique HAR32TR-040922-DGMR20. Consortium du projet Harmonoise Editions, Bruxelles.

² Journal officiel de la Communauté européenne, directive (UE) 2015/996 de la Commission du 19 mai 2015.

³ Directive sur le bruit dans l'environnement (directive 2002/49/CE)

⁴ Décret législatif n° 194 du 19 août 2005 (mis à jour par le décret législatif 42/2017).

véhicules utilisé par le système List Port sur la base d'informations limitées à la mesure des flux de véhicules en introduisant des indications d'acheminement basées sur des impacts sonores estimés pour les flux suivis. Globalement, le modèle de prise de décision est basé sur :

- I. des estimations des émissions sonores générées aux stations de mesure du trafic,
- II. un système de seuils de référence pour l'évaluation des niveaux de pollution sonore, définis conformément à la législation nationale⁵,
- III. un ensemble de scénarios d'itinéraires, définis par le client pour les points focaux du réseau surveillé, basés sur les niveaux de pollution sonore estimés et les seuils de référence prescrits par la législation et visant les objectifs de réduction du bruit du trafic dans les zones cibles du projet List Port.

Ce module logiciel évalue à intervalles réguliers les estimations d'émissions sonores aux points surveillés par rapport aux seuils de référence, et détermine, en fonction des scénarios d'acheminement, les indications directionnelles appropriées. Ces indications sont mises à la disposition du système décisionnel mis en œuvre dans le centre de données du système ITS LIST PORT, qui les utilise conjointement avec des critères de routage basés sur l'évaluation des niveaux de congestion pour élaborer les indications finales de routage à afficher aux utilisateurs via les canaux de communication du système LIST PORT (List Port Infomobility System with PMV and Infomobility App).

- 3) **Interfaces** pour l'intégration/interopérabilité des modules logiciels 1) et 2) avec (a) le serveur du centre de données ITS LIST PORT et (b) la plateforme dorsale de l'application LIST PORT.
- 4) **Interface de programmation d'applications (API)** pour l'affichage de nouvelles informations/services à utiliser par l'**application LIST PORT**.
- 5) **Interface de programmation d'applications (API)** pour l'affichage de nouvelles informations/services à utiliser par le système d'infomobilité **List Port avec PMV**.

1.2.2.3 Architecture

L'architecture du système réalisé a été mise en place par le développement de composants logiciels à partir de zéro et l'adaptation de la plateforme myMaaS emiXer. Le site Figure 3 montre l'architecture globale (de haut niveau) des composants logiciels du système dans le contexte des autres composants de l'architecture de LIST PORT.

⁵ par exemple, pour l'Italie, les valeurs limites définies dans le décret du Premier ministre du 14/11/1997 pour les différents créneaux horaires.

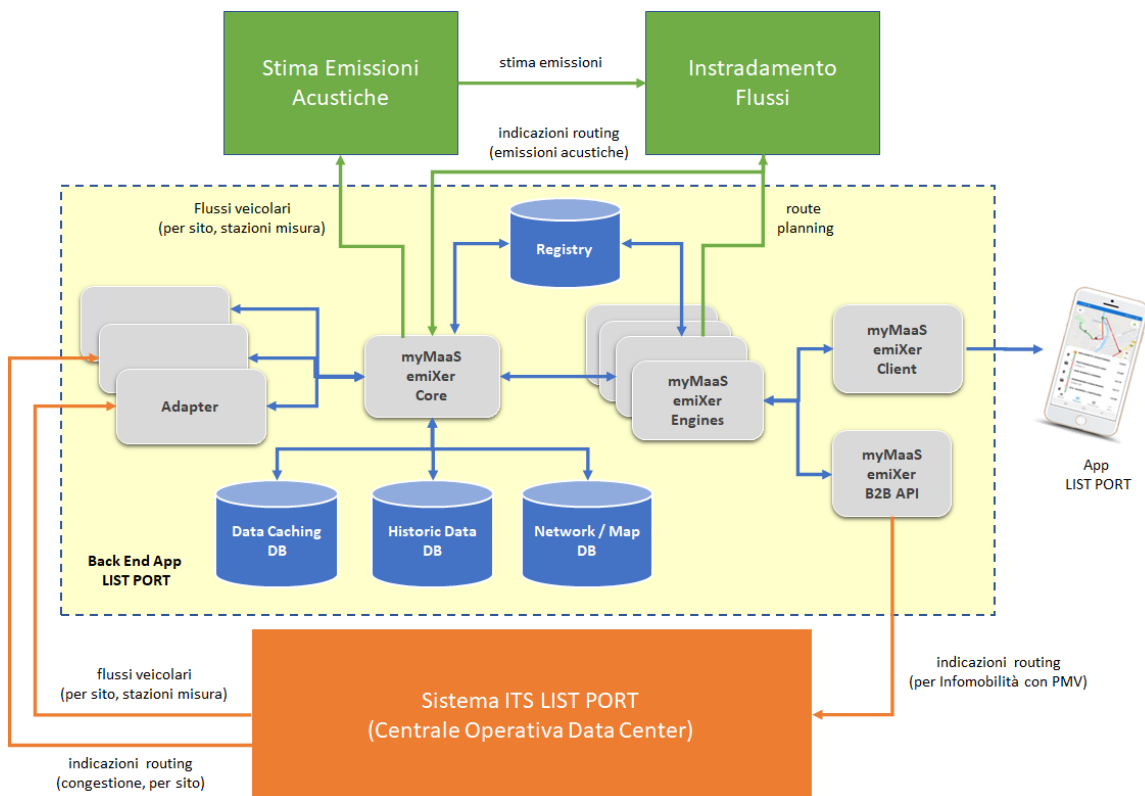


Figure 3 Architecture (haut niveau) de l'offre

Les deux modules fonctionnels décrits ci-dessus sont intégrés à la plateforme Back End de l'application LIST PORT, qui abrite tous les principaux traitements qui alimentent les services aux utilisateurs finaux fournis par l'application.

Le système dorsal a été réalisé à l'aide de la plateforme myMaaS emiXer, qui sert d'infrastructure pour l'intégration, le traitement, la distribution et l'utilisation de services et d'informations en temps réel sur le trafic et la mobilité intermodale.

La plateforme myMaaS emiXer comprend plusieurs composants principaux :

- **myMaaS eMIXER Core** : pilote le processus d'acquisition et de normalisation des données provenant de services ITS externes par le biais d'adaptateurs de données, sur la base de profils de services stockés dans un registre ;
- **Moteurs myMaaS eMIXER** : un ensemble de "moteurs d'application" fournissant chacun une fonctionnalité spécifique, notamment la planification d'un itinéraire, le traitement des données relatives au trafic, le traitement des commentaires des utilisateurs, etc ;
- **Clients myMaaS eMIXER** : permet de fournir des services et des informations à l'utilisateur final et à l'opérateur via un large éventail de canaux et de dispositifs ;
- **Adaptateurs de données** : ils opèrent la transformation des données et des services fournis par des sources externes en modèles intégrés dans myMaaS eMIXER sur la base des normes ITS ;
- **API (Application Programming Interface) B2B** : fournit une couche d'accès aux services myMaaS eMIXER pour les applications tierces, permettant l'utilisation

des informations et services myMaaS eMiXER par des systèmes et services externes.

Les principaux flux d'interaction entre les composants de l'architecture sont résumés dans le tableau ci-dessous.

| Sous-système/Module | l'interaction avec | entrée | sortie | méthode/technologie |
|--|---|--|---|---|
| Centre des opérations portuaires de la LISTE DES STI | Port de la liste des applications du back-end (adaptateur emiXer) | | les flux de véhicules (débits, vitesse, composition, ...) pour chaque station de mesure | Services Web (à convenir avec le fournisseur) |
| | Port de la liste des applications du back-end (adaptateur emiXer) | | Stratégies de routage basées sur les niveaux de congestion (par | Services Web (à convenir avec le |
| | Port de la liste des applications du back-end (emiXer) | indications de routage pour PMV (sur la base | | Services Web (à convenir |
| Estimation de l'émission de bruit | Port de la liste des applications de back-end (emiXer) | flux de véhicules (zone, station de mesure) | | API interne emiXer |
| | Module de routage des flux | | estimation des émissions (Lden, Lday, Lnight, ...) | Méthodes C# |
| Module de routage des flux | Port de la liste des applications du back-end (emiXer) | | Directions d'acheminement (basées sur les | API interne emiXer |
| | Port de la liste des applications de back-end (emiXer) | itinéraire dont l'origine ou la destination | | API interne emiXer |
| App LIST PORT | Port de la liste des applications du back-end (client emiXer) | indications de routage autres services d'infomobilité | | API interne emiXer REST/JSON |

Figure 4 Principaux flux d'informations de l'architecture cible

Les principaux rôles joués par la plateforme Back End de l'App LIST PORT, dans l'économie de l'interaction avec le système ITS LIST PORT Operations Centre (en particulier, avec le Back End du système d'infomobilité avec PMV) et l'intégration des nouveaux modules fonctionnels qui font l'objet de cette fourniture, sont les suivants

- **Module myMaaS emiXer Core** : orchestration des flux entre les différents composants fonctionnels constituant la solution intégrée ; gestion de l'accès et de l'utilisation des composants de persistance (BD Réseau / Carte, BD Cache de données, BD Données historiques) avec sélection des services de données requis par les nouveaux modules fonctionnels inclus dans la livraison (accès aux données par Zone de port de liste, ensemble de stations de données, stations

- individuelles) ; historicisation des informations générées par les nouveaux modules fonctionnels ;
- **Adaptateurs de données** : adaptation des flux de données provenant de l'O.C. (flux de véhicules, stratégies de routage) au format interne utilisé par l'application d'information ;
 - **Module myMaaS emiXer Engines** : possibilité d'utiliser le moteur de planification d'itinéraires (Route Planner) pour calculer des itinéraires de/vers les terminaux des zones du List Port, en complément des indications d'itinéraires liées aux stratégies gérées par le système d'infomobilité avec PMV (ITS LIST PORT Operations Centre) ;
 - **Module myMaaS emiXer B2B API** : interface de programmation pour les systèmes externes, publie via des services Web les résultats de traitement des nouveaux modules fonctionnels (estimation des émissions sonores, acheminement des flux) à l'usage du système d'infomobilité avec PMV. L'API permet un accès complet aux informations gérées par la plateforme myMaaS emiXer, grâce à des interfaces avec les différents services d'infomobilité mis en œuvre selon les principales normes européennes pour les systèmes ITS (notamment DATEX II, SIRI, TPEG, VDV, GTFS, Open-LS, etc.) En fonction de ce qui est disponible sur les sites de List Port (systèmes ITS et services d'infomobilité de tiers), ce composant offre un élément d'ouverture pertinent pour d'éventuels développements et services supplémentaires afin d'étendre ce qui est offert par l'application LIST PORT.

1.2.2.4 Technologies

Les principales technologies utilisées pour la réalisation de l'objet "plate-forme d'application/logiciel" de cette proposition technique sont entièrement compatibles avec les technologies de mise en œuvre utilisées par la plate-forme d'activation myMaaS emiXer, afin de garantir l'interopérabilité complète des différents composants de la solution intégrée et d'assurer les niveaux d'ouverture et d'extensibilité de la solution offerte par la plate-forme myMaaS emiXer.

Les principales technologies et solutions architecturales utilisées sont brièvement résumées ci-dessous :

- Port de l'application dorsale LIST (myMaaS emiXer)
 - ASP.NET Core
 - Entity Framework Core (assure la compatibilité avec différents SGBD : MS SQL Server, MySQL, PostgreSQL, Oracle)
 - Services Web REST, http, JSON
 - OAuth2
 - Multi-locataire, chargement dynamique Adaptateur
- App LIST PORT
 - Environnement multiplateforme Xamarin, génération d'APK Android et d'IPA iOS
 - Google maps
 - SQLite
 - Entity Framework Core

- Web Front End
 - Vue.js (framework)
 - Dépliant (vue de la carte)
 - Vuetify (thème graphique)
 - Vue-router (navigation entre les pages)
 - Vuex (gestion de l'état des applications web)

Index des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 L'architecture du système ITS LIST-PORT | 5 |
| Figure 2: Intégration de l'application au système ITS des PMV | 9 |
| Figure 15 Architecture (haut niveau) de l'offre | 13 |
| Figure 16 Principaux flux d'informations de l'architecture cible | 14 |