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	**T2.2 :** Système d'information sur la mobilité intégré ITS transfrontalier basé sur les APPs
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. 3
2. 3
2.1 Le système ITS LIST-PORT - Description générale - 6
2.1.1 Système ITS avec PMV et dispositifs de surveillance du trafic 9
2.1.2 Liste ITS Système portuaire à l'aide d'APPs..... 13
2.1.3 Plate-forme pour l'interfaçage des systèmes PMV, de surveillance du trafic et APP 15
2.1.3.1 Description de la plate-forme 16
3. RÉSULTATS ET RÉSULTATS DU PROJET 17
3.1 L'application mobile d'information sur l'utilisateur..... 17
3.1.1.1 La référence de la "chaîne de services" pour l'application Port LIST 17
3.1.1.2 La plateforme emiXer : back end pour l'application LIST Port..... 18
3.1.1.3 LIST Structure de l'application portuaire 19
3.1.1.4 Le module d'acquisition. 20
3.1.1.5 Le module de traitement. 21
3.1.1.6 Le module de sortie. 22
3.1.2 Conception de l'application LIST Port..... 23
3.1.3 La plateforme de dialogue entre les systèmes 26
3.1.3.1 Description du système 26
3.1.3.2 Fonctionnalité 26
3.1.3.3 Architecture 28
3.1.3.4 Technologies 31
3.2 Analyse critique des résultats et du niveau de réalisation..... 32
Index des figures 35

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

Le projet LIST-PORT (Limitation de la pollution sonore due au trafic dans les ports commerciaux) vise à améliorer le "climat sonore" dans les villes portuaires grâce à l'utilisation de *systèmes de transport intelligents* intégrés pour la gestion du trafic.
Le projet L.I.S.T. Port fait partie d'un groupe de projets thématiques appelé "Cluster Acoustics" financé dans le cadre du deuxième appel du programme maritime Italie-France 2014-2020. Les partenaires du projet sont l'Université de Cagliari (en tant que Chef de file), l'Association Nationale des Municipalités Italiennes Section Régionale Toscane, ANCI Ligurie, l'Université de Pise, le GIP Fipan - Groupement d'Intérêt Public Formation et Insertion Professionnelle Académie de Nice, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bastia et de la Haute-Corse.
L.I.S.T. Port, avec les projets "Mon Acumen", "Rumble", "Decibel" et "Report", vise à fournir le contenu nécessaire à la préparation d'un ensemble intégré de mesures, de plans et de programmes visant à élaborer des contributions techniques pour la rédaction de lignes directrices et de bonnes pratiques afin de réduire l'impact du bruit provenant des activités logistiques portuaires et du trafic généré/attraîné dans les ports commerciaux.
L'objectif global de LIST-PORT est d'évaluer comment les applications STI de gestion du trafic peuvent influer sur la réduction des pressions sonores dans l'environnement portuaire et urbain, en évaluant les effets de ces interventions sur l'environnement urbain, afin de maintenir les émissions sonores en dessous des limites autorisées par les réglementations en vigueur.
Le défi territorial commun entrepris dans le projet consistait à poursuivre certains des objectifs énoncés 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.

2. 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.

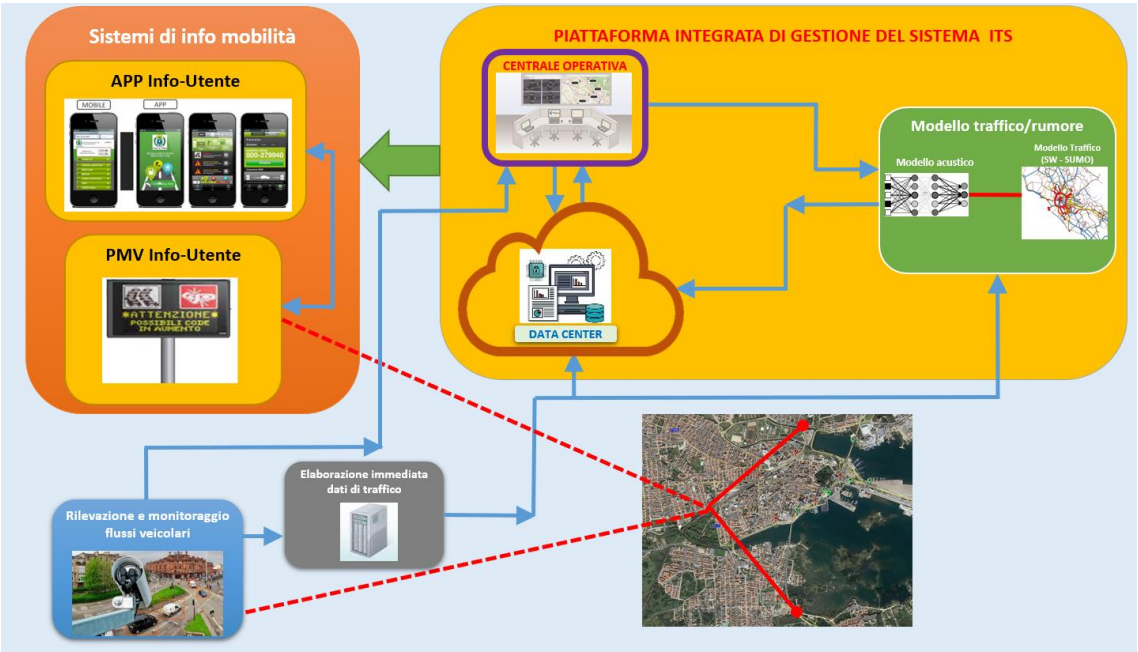

Figure 1 L'architecture du système ITS LIST-PORT

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.

2.1 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.

2.1.1 Système ITS avec PMV et dispositifs de surveillance du trafic

Le projet a permis de mettre en place un système ITS qui surveille les niveaux de trafic sur les principales routes menant aux ports de la ville pilote et en sortant, afin de définir un modèle virtuel capable de simuler de nouveaux scénarios d'aménagement du réseau susceptibles de réduire la charge des véhicules et donc de réduire l'impact sonore qu'ils génèrent. Grâce au système TMacs - en tant que plateforme logicielle pour la gestion du trafic et de la mobilité dans les villes portuaires, il est possible d'avoir une représentation de l'axe routier affecté par le trafic, de collecter des informations de tous les systèmes, de traiter les données avec l'état du trafic, de détecter les éventuelles criticités et de développer des scénarios à mettre en œuvre en présence de certaines conditions.
Le système ITS permet de centraliser, par le biais du système TMacs, l'acquisition des informations détectées par les stations de surveillance du trafic routier et l'envoi de messages d'infomobilité aux citoyens sur des panneaux à messages variables afin de limiter le trafic et de conseiller des itinéraires alternatifs en présence d'embouteillages dans le port et la zone urbaine de Piombino.
En particulier, l'architecture du système ITS a été réalisée à travers les composants suivants :

- un système de caméras pour le contrôle des paramètres caractéristiques et la classification des flux de trafic, composé de quatre stations de relevé sur les tronçons routiers considérés comme les plus pertinents ;
- No. 2 PMV graphiques et le système de gestion à distance capable de fournir des informations sur la base des conditions de circulation sur le terrain détectées par le système de caméras installé ;
- unité de traitement pour la connexion avec les caméras et les PMV ;
- un système de communication avec un équipement pour la connectivité au système central ;
- des panneaux et des étiquettes indiquant une zone surveillée/vidéo-surveillée.

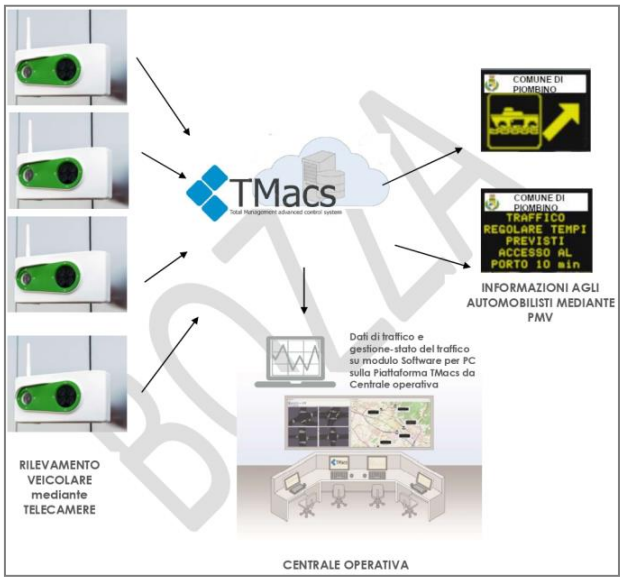

Figure 2 - Architecture du système (par exemple Piombino)

Figure 3 Positions de la caméra (par exemple, Piombino)

Figure 4 Modelo telecamera(es. Piombino)

Figure 5 T.1 Viale Dalla Chiesa (par exemple, Piombino)

Figure 6 T.2 Viale Unità d'Italia (par exemple, Piombino)

Figure 7 T.3 Viale Unità d'Italia (par exemple, Piombino)

Figure 8 T.4 Viale Unità d'Italia (par exemple Piombino)

La plateforme TMacs consiste en un véritable système ITS modulaire qui permet à différents types de dispositifs d'être surveillés, gérés et d'interagir les uns avec les autres. En outre, le logiciel du serveur remplit deux fonctions macro :

- l'interfaçage entre les serveurs et les unités de terrain (stations de surveillance du trafic, contrôleurs de feux de circulation, PMV, passages souterrains, etc.)
- l'interfaçage entre les serveurs et les postes utilisateurs (clients)

Les messages affichés sur les deux PMV installés à deux endroits différents sont chargés automatiquement par différents modes tels que l'horaire, la situation du trafic identifiée par un scénario (détecté par les stations de surveillance, le système de comptage de stationnement, le système de temps de parcours et les systèmes de feux de circulation) ou choisis (messages par défaut) ou créés manuellement par un opérateur autorisé. Grâce à la composante TMACS-Visual de la plateforme, les PMV peuvent être visualisés simultanément, et pour chaque PMV il est possible d'afficher le message sur la route, les éventuels problèmes de diagnostic et de communication afin de permettre à l'utilisateur (automobiliste) d'éviter d'emprunter les zones problématiques ou encombrées. Entre autres fonctionnalités, la plateforme, par le biais du composant Macs Analysis, permet de visualiser les données de trafic, le suivi en temps réel et les données historiques, et fournit des analyses et des traitements liés à la mobilité, dans le but de connaître les caractéristiques du trafic du réseau routier surveillé et d'étudier de meilleures solutions pour la mobilité dans l'environnement portuaire et urbain. Enfin, grâce à l'utilisation du protocole de communication DATEX II promu par l'Union européenne et converti en norme par le CEN, il sera possible d'échanger des données entre le système central constitué par la plate-forme TMACS et le monde extérieur, offrant aux citoyens et aux opérateurs portuaires une gestion optimale de l'accès au port et une gestion plus efficace du trafic interne dans la zone portuaire des villes portuaires pilotes.

Figure 9 Positionnement des deux PMV (par exemple Piombino)

Figure 10 Photo-installation PMV à Viale Margerita (ex. Piombino)

Figure 11 Photo d'insertion PMV dans la S.P. della Principessa (ex. Piombino)

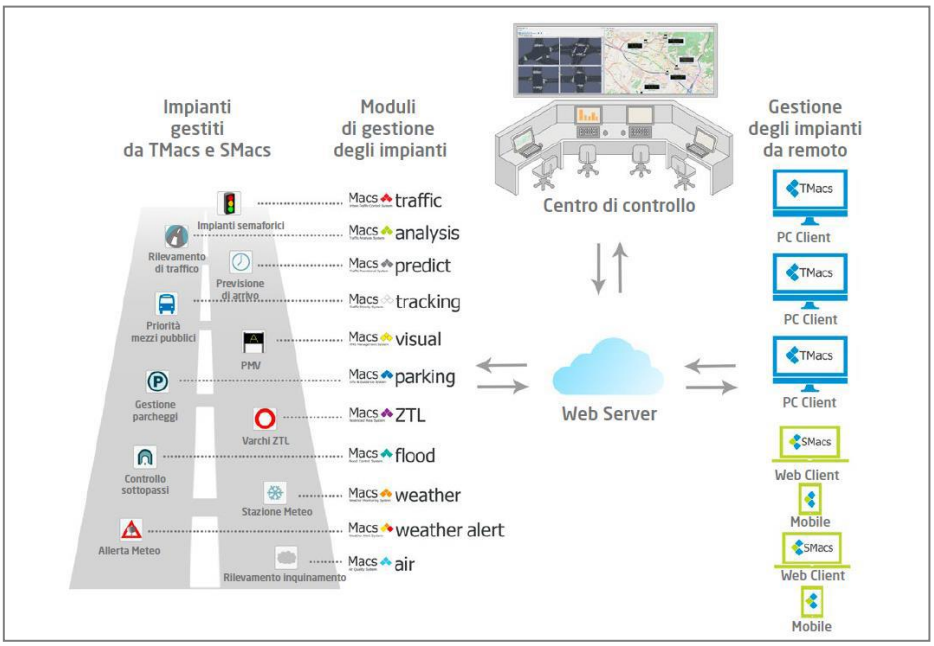

Figure 12 Plate-forme TMacs

2.1.2 Liste ITS Système portuaire à l'aide d'APPs

L'exigence fondamentale de la LIST Port App est de fournir aux utilisateurs des informations pour réduire la congestion routière et la pollution sonore sur les routes d'accès ou de sortie dans les zones portuaires des villes portuaires de la LIST : Vado Ligure, Piombino, Olbia et Bastia.

L'application est une plateforme de prestation de services : elle permet l'intégration dans le nuage de services et de systèmes d'information locaux, la fourniture de services géolocalisés et est compatible avec de nombreuses normes de données.

Les types de services fournis par l'application sont les suivants : informations sur la mobilité, planification des voyages et, dans la mesure du possible, facilitation des

réservations auprès des transporteurs. Enfin, l'application permet aux utilisateurs de laisser des commentaires. La structure générale de l'application est présentée de manière détaillée dans Figure 13.

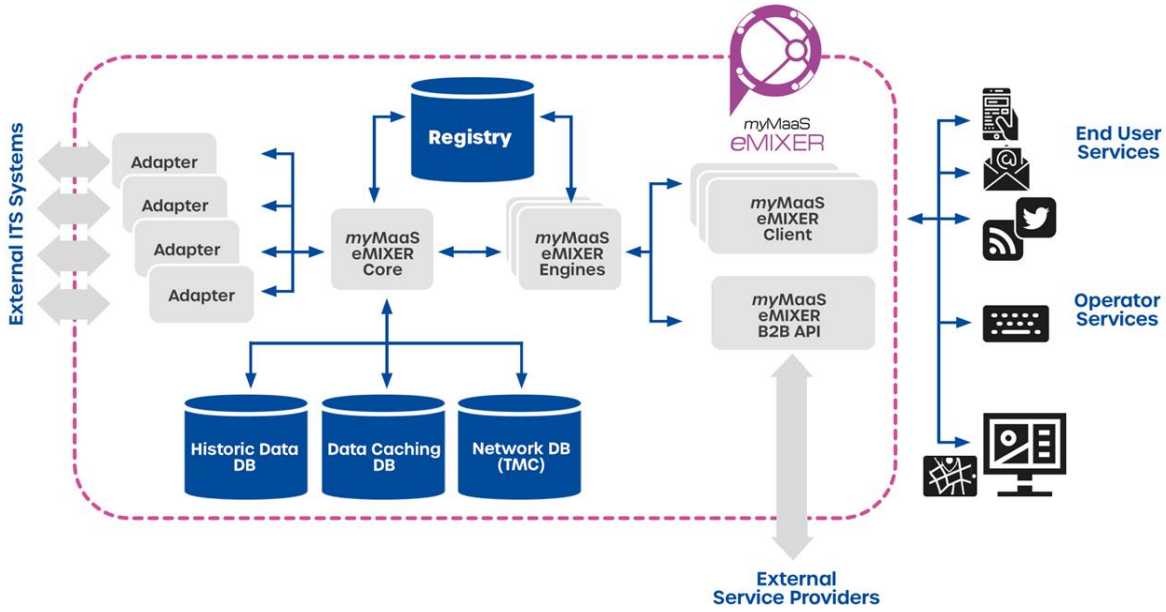

Figure 13 Structure générale de l'application.

L'application est un outil complémentaire aux PMV et aux systèmes de signalisation et de routage mis en œuvre sur la route. En particulier, les PMV fournissent des indications de proximité, tandis que l'application fournit des informations non seulement sur le trajet, mais aussi avant le trajet, c'est-à-dire qu'elle permet l'acheminement vers et depuis le port.

La principale source des données nécessaires à l'application est le système central ITS List-Port, qui gère toutes les informations recueillies par les systèmes de surveillance du trafic et permet la gestion des PMV. L'application permet d'être connectée à d'autres sources d'information concernant : les systèmes ou services numériques locaux, différents dans chacun des quatre scénarios d'étude ; les services accessibles sur Internet, tels que les heures d'arrivée et de départ des ferries.

Les stratégies d'acheminement sont calculées par le système central ITS List Port et sont le résultat de l'évaluation des flux de véhicules mesurés par les caméras et de la pollution sonore, estimée à partir des données de trafic à l'aide du modèle CNOSSOS-UE établi par la réglementation actuelle en matière de pollution sonore.

L'intégration de l'application dans le système ITS des véhicules de transport public est illustrée dans le tableau ci-dessous. Figure 14.

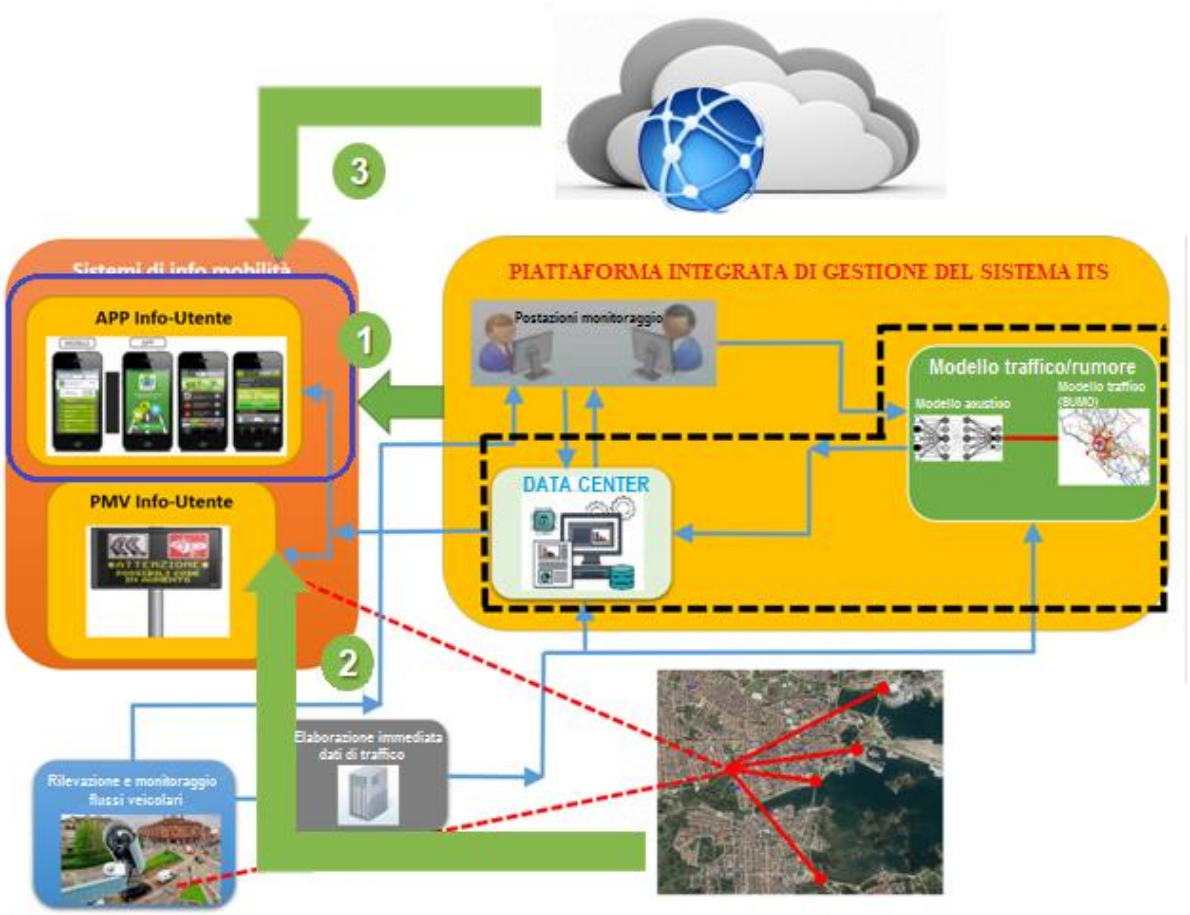

Figure 14 Intégration de l'application au système ITS des PMVs

Pour chaque ville-port, l'application fournit les services suivants : des indications concises pour se rendre au port et en revenir ; des informations détaillées sur les itinéraires, qui sont affichées sur une carte ; si elles sont disponibles, des images prises par des caméras dans les zones portuaires et des systèmes de surveillance du trafic avec des caméras ou des bobines LIST Port ; et un lien vers les sites web des compagnies maritimes présentes dans chaque port. Parmi les raccourcis, il sera possible de visualiser les informations fournies par les PMVs installés dans le projet.
Un exemple d'informations sur l'itinéraire dans le scénario Vado Ligure est illustré à la figure 1.3 : l'application indiquera le meilleur itinéraire sur la carte, mais fournira également des informations sur l'itinéraire "en texte seulement".

2.1.3 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

interfacer sont destinés à l'acheminement des véhicules sortant du port des villes portuaires pilotes d'Olbia, Bastia, Vado Ligure et Piombino.

2.1.3.1 Description de la plate-forme

La "plate-forme ou le logiciel/application" permet la communication entre les APP (cf. 2.1.2) et le système INFO-Mobilité avec le PMV (cf. 2.1.1), 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.

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 section **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** et ont été mis en œuvre et intégrés dans l'application du modèle décisionnel d'une manière conforme à ces critères et stratégies.

3. LES RÉSULTATS ET LES EXTRANTS DU PROJET

3.1 L'application mobile d'information sur l'utilisateur

3.1.1.1 La "chaîne de services" de référence pour l'application Port LIST

L'application d'information pour les utilisateurs de ICT LIST Port, développée pour les 4 villes portuaires pilotes, se compose des éléments suivants :

- **Les fournisseurs de contenu** : il s'agit essentiellement des "sources" d'où proviennent les informations nécessaires au fonctionnement de l'application. Dans le cas d'une application d'infomobilité et de bruit telle que l'application LIST Port, les fournisseurs de contenu peuvent être soit des entités "physiques" telles que la police, la municipalité, les gestionnaires d'infrastructure, soit d'autres systèmes TIC, par exemple pour la surveillance du trafic urbain (comme les caméras positionnées dans les villes LIST Port).

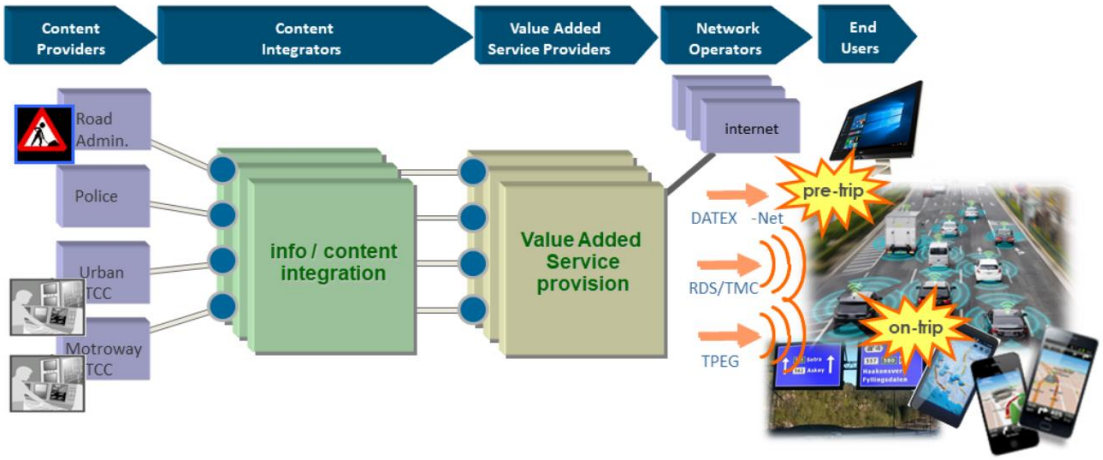

Figure 15Schéma de fonctionnement de List-Port APP

- **Intégrateurs de contenu** : ils ont pour tâche d'"intégrer" les informations provenant des différents fournisseurs de contenu. Cet aspect est fondamental, puisque le format des données provenant de chaque fournisseur de contenu est différent des autres, l'intégrateur de contenu a donc pour tâche de standardiser les données reçues.
- **Fournisseurs de services à valeur ajoutée** : ils interagissent étroitement avec les intégrateurs de contenu. Un exemple de fournisseur de services à valeur ajoutée est un organisateur de voyages. Google Maps est à la fois un intégrateur de contenu (car il puise des informations sur la mobilité en temps réel dans de nombreuses sources) et un fournisseur de services à valeur ajoutée, car il fournit l'itinéraire optimal en temps réel grâce à un planificateur de voyage.
- Opérateurs de réseau : il s'agit des opérateurs de réseau sur lesquels l'application "s'appuie" pour fournir des informations aux utilisateurs, généralement l'internet.
- **Les utilisateurs finaux** : ils constituent le dernier maillon de la "chaîne de services". Les utilisateurs d'une application infomobilité/bruit reçoivent des informations à la fois "avant le voyage" et "pendant le voyage". Les informations "avant le voyage" sont cruciales pour que l'utilisateur choisisse la meilleure solution de voyage, les informations "pendant le voyage" alertent l'utilisateur de tout inconvénient le long du trajet entre l'origine et la destination.

3.1.1.2 La plateforme emiXer : back end pour l'application LIST Port

La plate-forme LIST Port a été développée à partir d'emiXer (Enhanced Mobility Information eXchange Environment for Real-time services), qui est un exemple de plate-forme TIC habilitante pour la fourniture de services d'infomobilité. Il s'agit d'une plateforme logicielle capable d'intégrer des services et des données liés à la mobilité et au transport provenant de systèmes externes hétérogènes, en les rendant interopérables et utilisables pour la réalisation de nouveaux services à valeur ajoutée pour l'utilisateur final. Il offre une architecture modulaire, ouverte et orientée vers les services qui peut être adaptée de manière flexible à différents domaines d'application :

intégration de données, supervision du trafic, services d'infomobilité, etc. Il utilise et est compatible avec les principales normes européennes ITS et Open Geospatial Consortium (OGC) et met en œuvre les directives européennes INSPIRE sur les SDI (Spatial Data Infrastructure).
La chaîne de services d'emiXer se compose des éléments suivants :

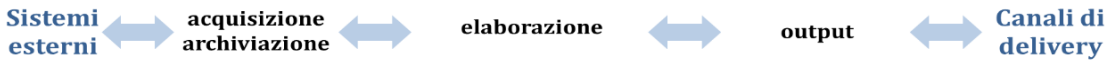

Figure 16 Flux d'informations et intégration avec d'autres systèmes

Dans le projet List-Port, il y a une phase d'acquisition de données et de transformation vers un format commun et standardisé. L'archivage peut avoir lieu dans des bases de données externes ou internes, pour la mise en cache ou l'historicisation. Un traitement complexe des données peut alors être effectué. La dernière phase est celle de la diffusion multicanal.

3.1.1.3 LIST Structure de l'application portuaire

La personnalisation de la plate-forme LIST Port sw se fait de manière modulaire, c'est-à-dire en activant la combinaison de composants (modules) configurés de manière appropriée et capables de réaliser la fonctionnalité spécifique requise, sur les canaux d'entrée et de sortie souhaités. Cette approche permet d'ajouter des fonctionnalités ou de réaliser des configurations spécifiques tout en gardant les nombreux modules existants utilisables.

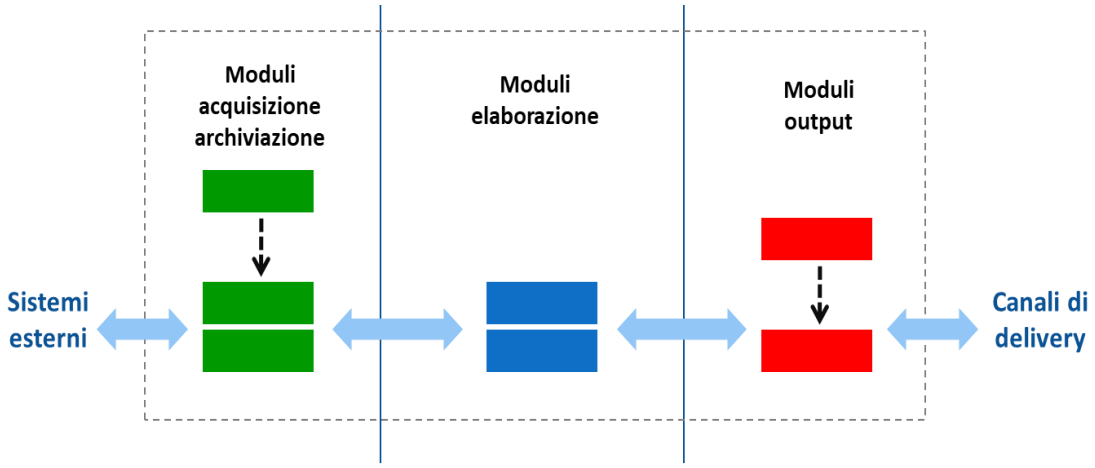

Figure 17 Structure du flux de données APP

Les modules de l'application Port LIST sont décrits en détail ci-dessous.

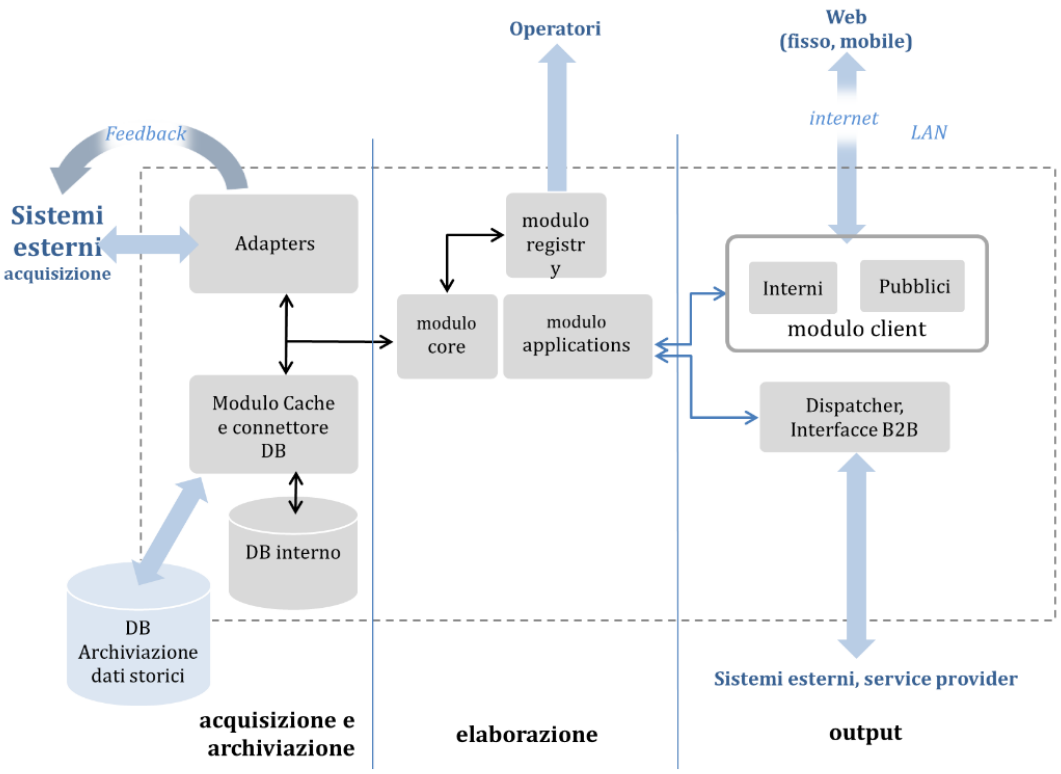

Figure 18 Les modules qui composent le List-Port APP

3.1.1.4 Le module d'acquisition.

Le module d'acquisition se compose essentiellement d'**adaptateurs**, qui permettent l'intégration d'informations obtenues à partir de systèmes externes (tels que des caméras).

Les adaptateurs permettent d'accéder aux systèmes externes et aux informations qu'ils transportent. Les adaptateurs peuvent être construits pour permettre (ou non) la mise en cache de données provenant de systèmes externes afin d'éviter une charge excessive de l'application LIST Port vers ceux-ci. Les adaptateurs peuvent être configurés en lecture seule ou fournir un canal de retour pour envoyer les données collectées à des systèmes externes (via des opérations CRUD - Create Update Delete).

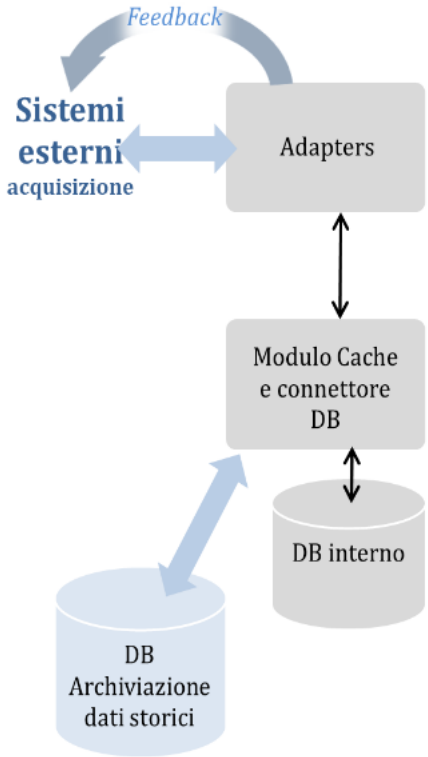

Figure 19 Diagramme des systèmes externes d'acquisition et de stockage des données

Le **module Cache/Archive** permet de garder en mémoire des données statiques provenant de systèmes externes afin d'accélérer le flux d'informations. L'expiration du cache est définie au niveau de l'adaptateur individuel. Toutes les données historiques collectées par le système et pour lesquelles une historicisation est nécessaire sont également téléchargées via le cache vers une base de données de support.

3.1.1.5 Le module de traitement.

Le module de traitement se compose de trois sous-modules : le noyau, le registre et les applications.

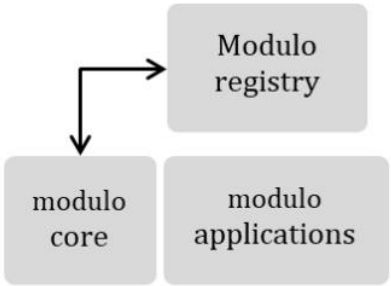

Figure 20 Module de traitement APP

Le sous-module **central** contient la logique d'entreprise pour le chargement et la gestion des adaptateurs aux systèmes externes, y compris l'acheminement des demandes des clients vers l'adaptateur ou le cache associé.
Le **registre** est interrogé au démarrage du service central et contient toutes les données nécessaires au chargement et à l'initialisation des adaptateurs vers les systèmes externes.
Le module d'**applications** contient une logique d'entreprise permettant de fournir des services à valeur ajoutée en utilisant les informations atomiques mises à disposition par les systèmes externes (par exemple, le calcul de l'état du trafic à partir des données de flux, etc.)

3.1.1.6 Le formulaire de sortie.

Les **clients** sont divisés en deux familles : internes et publics. Les clients publics accèdent à des services (disponibles en version REST/JSON et SOAP/XML) qui donnent accès à des données (services de données) en mode lecture seule.
Les clients internes sont destinés aux opérateurs du système et donnent accès à des fonctionnalités telles que la surveillance de l'état du service, la configuration, la gestion de l'historique/du temps réel, etc.
Tous les services (internes et/ou publics) sont protégés par des clés de session qui empêchent leur utilisation par des tiers non autorisés et contribuent à prévenir les attaques DOS ou SYN flood.

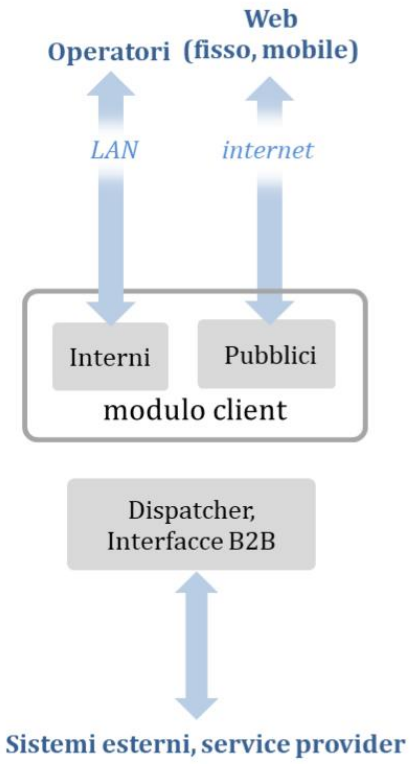

Figure 21 Le module de sortie

Les dispatchers fournissent à la fois une interface aux systèmes B2B et aux systèmes de communication avec les utilisateurs (IVR, SMS, eMail). Les répartiteurs, en particulier

ceux qui sont liés à l'information des utilisateurs, sont mis en œuvre au moyen de "robots" qui peuvent être facilement remplacés pour répondre aux besoins des clients sans qu'il soit nécessaire de revoir l'ensemble de l'architecture.

3.1.2 Conception de l'application LIST Port

L'application LIST Port présente une conception de haut niveau (maquette), et fournira les services suivants :

- une vue cartographique du réseau routier ;
- la planification et la représentation cartographique des voies d'accès/sortie de la zone portuaire en fonction des conditions de circulation et de bruit et des stratégies d'acheminement élaborées par le système d'infomobilité ITS du port de LIST ;
- affichage d'informations en temps réel sur le trafic et la mobilité ;
- des informations sur la pollution sonore, qui seront calculées en fonction des données de trafic enregistrées par les caméras ;
- des services de billetterie et de paiement électroniques pour la réservation et l'achat de places à bord des navires (pour les compagnies offrant un accès à leurs services de réservation/vente en ligne) ; toutefois, ces services ne seront disponibles qu'à Piombino.

Sur Figure 22 Écran principal de l'APP List Port est l'écran principal de l'application LIST Port, qui permet de sélectionner le port qui vous intéresse : Piombino, Vado Ligure, Olbia et Bastia.

Figure 22 Écran principal de l'APP List Port

Le menu principal de l'application se présente comme suit Figure 23.

Figure 23 Écran du menu principal

- **Informations sommaires** sur le trafic et le bruit à destination et en provenance du port
- **Itinéraires** (directions détaillées vers et depuis le port)
- **Caméras** (si disponibles) dans la zone portuaire (LIST PORT cameras)
- **Liens** vers les sites web des compagnies maritimes présentes dans le port sélectionné
- Achat de billets en ligne (si disponible)

La rubrique "Référence rapide" fournit des informations sur Figure 24.

Figure 24 Écran d'information rapide

- **Avis sommaire** sur l'itinéraire proposé
- Signalisation : image PMV (si disponible)

- Accès rapide à d'autres fonctions (barre d'outils en bas)

La rubrique "itinéraires" conduit à l'écran illustré dans le tableau ci-dessous. Figure 25.

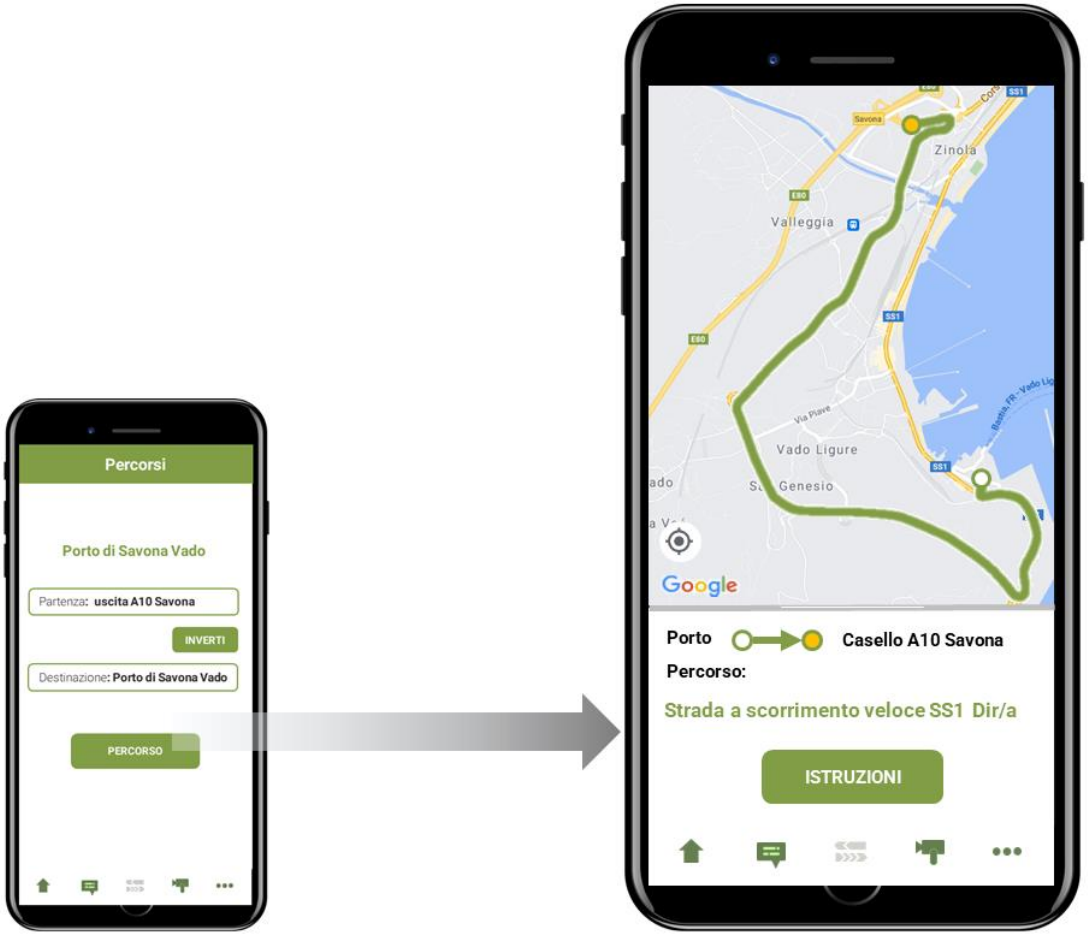

Figure 25 L'écran de saisie de l'itinéraire

La rubrique "compagnies maritimes" fournit des informations sur les arrivées et les départs de ferries.

Ces informations ne sont actuellement possibles qu'à Piombino, car l'application LIST Port peut s'interfacer avec la plateforme M.O.NI.CA de l'autorité portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord.

À Piombino notamment, il fournira des informations sur les arrivées et les départs des ferries :

- les heures prévues et/ou
- informations en temps réel (par exemple, ETA)

L'application a été conçue pour fournir ce type d'informations aux villes portuaires participant au projet : Vado Ligure, Olbia, Piombino et Bastia.

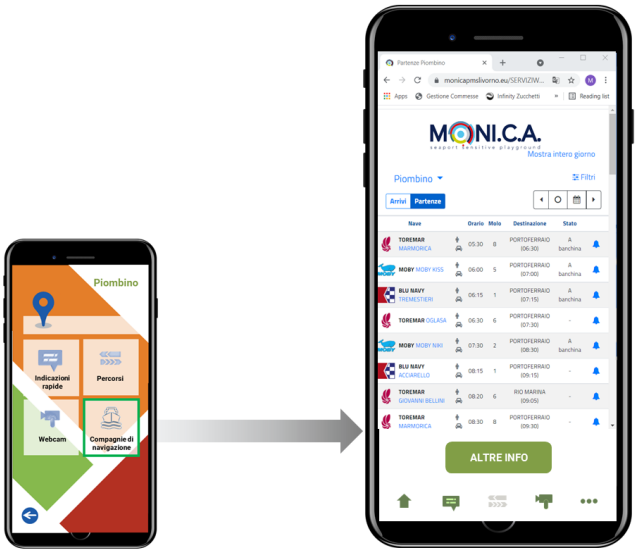

Figure 26 L'intégration avec la plateforme M.O.N.I.C.A..

3.1.3 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.

3.1.3.1 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.

3.1.3.2 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

Harmonoise[1] ou de la méthodologie CNOSSOS-EU[2] 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 européen[3] , transposé par les règlements nationaux italien[4] 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 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 nationale[5] ,
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

[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).
[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.

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**.

3.1.3.3 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 27 montre l'architecture globale (de haut niveau) des composants logiciels du système dans le contexte des autres composants de l'architecture de LIST PORT.

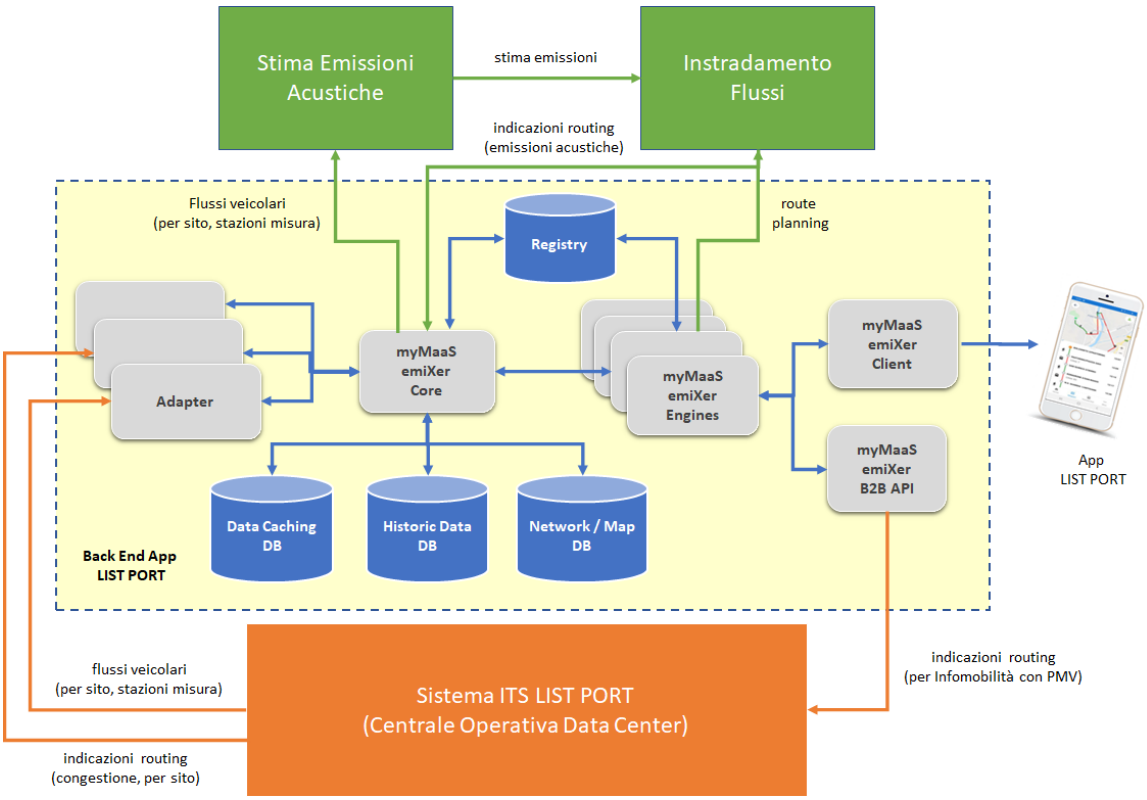

Figure 27*Architecture (haut niveau) de l'offre*

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 fournisseu
	Port de la liste des applications du back-end (adaptateur		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 28 ***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.

3.1.3.4 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 e m i X e r , 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)

3.2 Analyse critique des résultats et du niveau de réalisation

La composante expérimentale du projet a confirmé le besoin d'outils d'analyse, de synthèse et de modélisation spécifiquement conçus et développés pour les contextes urbains concernés par les fronts de mer des villes portuaires. En fait, l'analyse des séries chronologiques de données sur le trafic et le bruit révèle une forte variabilité du scénario acoustique pendant la période de pointe, à la fois sur une base horaire et subhoraire, et en tout cas pas toujours prévisible de manière univoque. Ce phénomène est lié au trafic des ferries, qui a un impact tangible sur l'intensité et la composition des flux de véhicules. La concentration des départs et des arrivées de ferries, pendant la haute saison, entraîne une intensification exceptionnelle du trafic de véhicules et de poids lourds (notamment dans les lieux à forte vocation touristique) par rapport à la tendance moyenne du reste de l'année. Le contexte que nous venons de décrire a des répercussions importantes sur le comportement et la stratégie de conduite, qui sont principalement dominés par la nécessité de respecter les délais découlant des opérations d'embarquement et de débarquement.

Les mesures expérimentales effectuées pendant la période de pointe indiquent que le trafic de véhicules peut varier jusqu'à 10 à 11 fois la valeur moyenne de la période douce, tandis que les valeurs de pression acoustique correspondantes présentent des augmentations allant jusqu'à 6dB.

On a pu observer que l'intensification soudaine des flux de véhicules est un phénomène qui se répète de manière apériodique sur une échelle de temps variable tout au long de la journée et difficilement prévisible pendant les jours de la haute saison.

Le projet a permis de vérifier que les modèles conventionnels de prévision du bruit du trafic automobile, déjà disponibles dans la littérature et basés sur des hypothèses purement statistiques, tant stationnaires que dynamiques, fonctionnant avec une résolution temporelle de plus d'une heure, s'avèrent inadéquats pour incorporer et reproduire les caractéristiques dynamiques à l'échelle temporelle correcte dans de tels contextes acoustiques, caractérisés par des variations importantes et rapides. Tant les modèles stationnaires classiques que les modèles dynamiques sur une base horaire pourraient générer des résultats irréalistes dans la prédiction de l'impact acoustique des stratégies de trafic qui sont spécifiquement conçues pour réduire le bruit dans les contextes de front de mer portuaire. L'inadéquation et la non-portabilité de ces modèles pour identifier les configurations de gestion du trafic visant à contrer l'évolution incontrôlée des niveaux de pression acoustique ont été un profond stimulus pour concevoir et développer un modèle dynamique précis (avec une erreur < 1dB), fonctionnant en temps réel avec les conditions réelles de trafic sur une échelle de temps plus petite que celle du phénomène acoustique considéré (avec une résolution temporelle de moins d'une minute).

Le modèle de prévision qui a été développé au fur et à mesure de l'avancement du projet est capable de fournir des simulations avec une haute résolution temporelle de moins d'une minute, présentant des erreurs de prévision plus faibles que celles obtenues dans les études précédentes. En fait, l'écart entre le profil temporel prédit et le profil expérimental du niveau sonore est de l'ordre de ±0,5 dB. La performance du modèle se

réfère à la fois à la période douce et à la période de pointe de la phase ex-ante et ex-post. À l'heure actuelle, le modèle qui a été développé présente un pouvoir de prédiction en termes de résolution temporelle et d'erreur qui est le plus élevé par rapport aux modèles que l'on peut trouver dans la littérature internationale.
En plus des activités de modélisation, le projet comprenait la définition et l'application de stratégies d'atténuation du bruit généré par le trafic automobile et la quantification expérimentale des effets dans la phase dite ex-ante. Les activités se sont principalement concentrées sur l'établissement des effets d'atténuation résultant de la construction de nouveaux revêtements routiers avec des caractéristiques d'absorption du son.
Les mesures acoustiques ex ante et ex post, effectuées en synchronisation avec les mesures des flux de trafic de véhicules du système routier du front de mer du port, ont été utilisées pour calibrer les modèles de simulation utilisés pour la génération de la distribution des lignes de contour du bruit environnemental dans la zone du front de mer du port. Les sources routières ont été évaluées en incluant les volumes de trafic mesurés dans l'infrastructure correspondante, ventilés selon les classes de véhicules distinguées dans le modèle **CNOSSOS.** Le modèle associe une surface de route pour chaque section de route incluse dans le calcul. Après les premières tentatives de calcul, il s'est avéré nécessaire de modifier les propriétés d'absorption acoustique des tronçons routiers qui avaient fait l'objet de l'intervention de la phase ex-post, avec des valeurs d'absorption acoustique différentes de celles utilisées précédemment dans la phase ex-ante et plus pertinentes pour la nouvelle typologie, afin que les résultats obtenus par le modèle soient conformes aux valeurs obtenues avec les campagnes de contrôle. L'analyse des lignes temporelles de mesure a permis d'identifier des segments d'intervalles de mesure caractérisés par un différentiel de niveau de pression acoustique qui peut être pris en compte pour déterminer la marge d'atténuation de l'effet d'absorption acoustique de la chaussée. Le long de la ligne temporelle de mesure, il est possible d'identifier des événements d'intensité véhiculaire égale, où la valeur du niveau de pression acoustique est même inférieure de quelques unités de décibels dans la période ex-post par rapport à la période ex-ante. Il convient de souligner, comme cela sera développé au paragraphe 1.1.4, que les conditions d'exploitation auxquelles nous avons dû nous référer dans les phases ex-ante et ex-post du projet sont celles d'absence de libre circulation des véhicules et de caractère transitoire du régime de mouvement. Ces conditions sont loin de l'exigence de "toutes les autres conditions étant égales" et ne facilitent donc certainement pas une comparaison cohérente des deux campagnes de mesure.
Les applications pilotes ont été développées dans les villes portuaires d'Olbia, Piombino Vado Ligure et Bastia, qui sont affectées par des flux de véhicules et de trafic commercial, avec de fortes variations saisonnières, où pendant la saison estivale il y a de fortes concentrations de véhicules, ce qui détermine un impact significatif sur les façades portuaires et sur les routes de la ville vers et depuis les ports. Afin d'évaluer l'incidence du bruit de la circulation, les niveaux de trafic et de bruit dans les ports et sur les principales artères ont été initialement surveillés ; dans le but de définir des modèles de trafic, afin de disposer d'un modèle virtuel capable de simuler de nouveaux scénarios de réseau visant à rationaliser le trafic de véhicules. L'évaluation de la criticité des aspects liés au transport et à l'acoustique de ces routes a permis de définir les niveaux

de capacité acoustique au-delà desquels il est nécessaire d'identifier des solutions alternatives de déplacement et/ou d'accès aux ports, à véhiculer par l'utilisation de systèmes ITS basés sur des plateformes d'info-mobilité (PMV ou APP) capables de fournir des informations aux conducteurs en temps réel. À la fin de la mise en œuvre du système, une action d'évaluation ex-post a été développée pour mesurer la diminution de la pression du trafic et du bruit suite à l'introduction de ces systèmes ITS, ce qui a permis d'identifier certaines mesures correctives. Les bénéficiaires finaux sont les résidents et les visiteurs des villes portuaires, tandis que les bénéficiaires de second niveau sont les opérateurs portuaires qui pourront compter sur une gestion optimale de l'accès au port et une gestion plus efficace du trafic interne.
L'aspect caractéristique du projet était la coopération transfrontalière, avec laquelle il a été possible d'avoir une comparaison articulée qui tenait compte de la diversité des villes portuaires européennes choisies pour l'expérimentation : leur conformation orographique, territoriale et urbaine constituait une variété suffisamment représentative des réalités portuaires méditerranéennes. L'approche transfrontalière a permis d'obtenir des données sur le comportement de composants utilisateurs différents en termes de nationalité, qui ont dû être prises en compte lors de la définition des paramètres du modèle de prévision et de la calibration des modèles. Enfin, l'approche transfrontalière a également permis d'aborder la question par rapport à la déclinaison différente de la législation européenne dans les différents États et régions et aux différentes lois et réglementations locales, provinciales et régionales, avec des limites et des classes de bruit qui se sont avérées beaucoup plus articulées que celles des lois nationales.
L'approche transfrontalière a ainsi permis de poursuivre l'objectif de définir une méthodologie et une procédure de conception standardisées, évolutives et reproductibles dans d'autres contextes portuaires urbains.

Index des figures

Figure 1 L'architecture du système ITS LIST-PORT 5
Figure 2 - Architecture du système (par exemple Piombino) 10
Figure 3 Positions de la caméra (par exemple, Piombino) 10
Figure 4 Modelo telecamera(es. Piombino) 10
Figure 5 T.1 Viale Dalla Chiesa (par exemple, Piombino) 10
Figure 6 T.2 Viale Unità d'Italia (par exemple, Piombino) 10
Figure 7 T.3 Viale Unità d'Italia (par exemple, Piombino) 11
Figure 8 T.4 Viale Unità d'Italia (par exemple Piombino) 11
Figure 9 Positionnement des deux PMV (par exemple Piombino) 12
Figure 10 Photo-installation PMV à Viale Margerita (ex. Piombino) 12
Figure 11 Photo d'insertion PMV dans la S.P. della Principessa (ex. Piombino) 13
Figure 12 Plate-forme TMacs 13
Figure 13 Structure générale de l'application. 14
Figure 14 Intégration de l'application au système ITS des PMVs 15
Figure 15Schéma de fonctionnement de List-Port APP 18
Figure 16 Flux d'informations et intégration avec d'autres systèmes 19
Figure 17 Structure du flux de données APP 19
Figure 18 Les modules qui composent le List-Port APP 20
Figure 19 Diagramme des systèmes externes d'acquisition et de stockage des données 21
Figure 20 Module de traitement APP 21
Figure 21 Le module de sortie 22
Figure 22 Écran principal de l'APP List Port 23
Figure 23 Écran du menu principal 24
Figure 24 Écran d'information rapide 24
Figure 25 L'écran de saisie de l'itinéraire 25
Figure 26 L'intégration avec la plateforme M.O.N.I.C.A. 26
Figure 27*Architecture (haut niveau) de l'offre* 28
Figure 28 *Principaux flux d'informations de l'architecture cible* 30