



Catalogue de
bonnes pratiques
des systèmes ITS
pour les ports et la
logistique
européens

Produit T.3.2.1

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



Sommaire

Acronymes

Préface

PARTIE I

1. Surveillance environnementale
 - 1.1 Circulation et accidents
 - 1.2 Trafic portuaire terrestre
 - 1.3 Conditions météorologiques et qualité de l'air
2. Canaux de communication
 - 2.1 Canal visuel
 - 2.2 Canal verbal
 - 2.3 Canal numérique
3. Infrastructures de données
 - 3.1 Centralisation
 - 3.2 Intégration
 - 3.3 Prédiction et prescription
4. Aménagements routiers
 - 4.1 Sécurité accrue
 - 4.2 Réduction du bruit

PARTIE 2

5. A4 Mobility : Innovation et durabilité dans l'infomobilité
 - 5.1 Centre des opérations de circulation
 - 5.3 Durabilité et réduction du bruit
 - 5.4 L'évolution de l'architecture logicielle : du système monolithique aux microservices
 - 5.5 Projets spécifiques : Port de Livourne
6. Le cas de Magyar Közút Nonprofit Zrt
 - 6.1 Projet pilote pour la surveillance du bruit
7. Le cas des ports de Venise et Chioggia
 - 7.1 Projet INTESA
 - 7.2 Projets pour la durabilité environnementale
8. Le cas de l'autoroute du Brennero A22
 - 8.1 Technologies de surveillance
 - 8.2 Projets C-ITS
 - 8.3 Autres projets
 - 8.4 Interventions sur le bruit et la qualité de l'air

PARTIE 3

- 9 Résumé des bonnes pratiques
 - 9.1. Infrastructures routières
 - 9.2 Gestion du trafic
 - 9.3 Infrastructure de données
 - 9.4 Infrastructure informatique

Acronymes

ABGS	Automated Barrier Gate System
AI	Artificial Intelligence
AIS	Automatic Identification System
AtoN	Aid to Navigation
C-ITS	Cooperative-ITS
DATEX	Data Exchange for Traffic Information
ESG	Environmental, Social and Governance
FL&S	Freight & Logistics Services
IP	Internet Protocol
IPS	Intelligent Parking System
ITS - STI	Intelligent Transportation System
LED	Light-Emitting Diode
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
NAP	National Access Point
PCS	Port Community System
PPU	Pilot Portable Unit
PVD	Probe Vehicle Data
RFID	Radio Frequency Identification
TMS	Traffic Management Services
TTIS	Traffic and Travel Information Services
TVCC - CCTV	Télévision en circuit fermé
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-everything

Préface

Un système de transport intelligent (STI) est un ensemble de technologies et d'applications conçues pour améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des systèmes de transport et de mobilité. Le développement des STI implique la mise en œuvre de plusieurs bonnes pratiques pour assurer leur bon fonctionnement et améliorer l'efficacité et la sécurité du système.

Ce document synthétise les bonnes pratiques pour la conception et la mise en œuvre des STI dans la zone portuaire, avec une attention particulière aux flux vers et depuis les plateformes logistiques proches de ces zones. Les bonnes pratiques décrites ont émergé suite à une analyse des principes qui ont guidé l'élaboration de la réglementation communautaire en la matière, de l'état de l'art des solutions disponibles au niveau européen (en production ou mises en œuvre à un niveau expérimental) et des résultats résultant de projets qui ont vu la structuration de corridors spécifiques au transport de marchandises. Afin d'approfondir les aspects technologiques des solutions, des entretiens ont été réalisés avec des parties prenantes et des représentants d'entreprises qui ont opéré comme partenaires technologiques dans les projets de création des corridors susmentionnés.

Avant d'entrer dans le vif des pratiques concernant la mise en œuvre des systèmes, il est nécessaire de s'attarder sur certains préalables au processus qui ont émergé dans l'analyse de la littérature et dans les entretiens. Il s'agit d'aspects généraux qui doivent être inclus dès la conception dans un projet, et qui jouent un rôle déterminant dans le succès d'une infrastructure technologique telle que celles dédiées aux transports.

Premièrement, il est essentiel d'impliquer les **parties prenantes** dans la définition des exigences du système, afin de comprendre les besoins des utilisateurs et les objectifs des défis opérationnels. Deuxièmement, la conception doit être **modulaire et évolutive**, pour faciliter les futures mises à niveau et intégrations. Cela vous permettra d'adapter le système à l'évolution des besoins et d'éviter des coûts excessifs à long terme. Enfin, toujours à long terme, les activités **de surveillance et de maintenance** des systèmes sont critiques, afin de garantir le bon fonctionnement des modules et l'identification en temps opportun de tout problème.

Dans la première partie de ce document, les bonnes pratiques issues d'une analyse de la littérature ont été rassemblées en quatre sections thématiques qui fédèrent les composantes d'un STI portuaire. Le point de départ est représenté par tous les composants chargés de **surveiller** ce qui se passe sur les itinéraires parcourus par les véhicules, dans les zones de stationnement et par rapport aux conditions climatiques. La surveillance est une opération nécessaire à la mise en œuvre ultérieure d'actions d'optimisation des processus, et ces actions impliquent la **communication** d'informations aux transporteurs tant sous forme de signaux visuels et verbaux que via des protocoles numériques. L'ensemble de ce processus nécessite une **infrastructure** de données centralisée, qui intègre et connecte différents composants, et qui peut être exploitée pour créer des projections et faire des prévisions afin de soutenir des actions opportunes. La discussion se termine par une section consacrée à quelques **installations** routières visant à améliorer la sécurité et à réduire le bruit.

La deuxième partie présente les bonnes pratiques qui ont émergé à la suite d'entretiens ciblés, en se concentrant sur les aspects liés aux infrastructures numériques et à leurs solutions de mise en œuvre adoptées dans le cadre de projets de développement de corridors européens.



PARTIE I

Composants STI particulièrement pertinents pour les ports et les plateformes logistiques connectées

1. Surveillance environnementale

Un ITS doit pouvoir utiliser un réseau de détection multimodal pour pouvoir fournir des services d'information sur le trafic et la mobilité (Traffic and Travel Information Services, TTIS), de gestion du trafic (TMS) et de transport et de logistique (Freight & Logistics Services, FL&S). . Acheminer correctement les voyageurs et les mettre dans les meilleures conditions de décision est un enjeu fondamental pour rendre les transports plus efficaces. Les voyageurs ont besoin d'informations opportunes, précises et immédiatement compréhensibles sur l'état des routes, afin de prendre des décisions optimales qui les mèneront en toute sécurité et le plus rapidement possible à leur destination dans les plates-formes logistiques. À cet égard, trois informations environnementales particulièrement pertinentes pour le voyageur doivent être surveillées : les conditions de circulation le long du parcours, la disponibilité de stationnement à destination, les conditions climatiques du parcours. Afin que le voyageur soit informé, ces conditions doivent être constamment surveillées.

1.1 Circulation et accidents

Le nombre de véhicules en transit sur un tronçon routier est certainement l'une des informations les plus importantes à surveiller, car elle permet d'opérer sur l'itinéraire des véhicules pour limiter les embouteillages.

Ces informations peuvent être détectées sur la base de différentes solutions. Le choix d'une solution doit prendre en considération non seulement les contraintes économiques et infrastructurelles, mais également les contraintes technologiques de la solution spécifique. Par exemple, les performances de certains systèmes de surveillance ne sont pas excellentes dans des conditions pluvieuses ou brumeuses, ou lorsque les véhicules sont en file d'attente en raison d'un embouteillage (ce qui rend difficile la séparation entre les différents véhicules), ou encore, de par leur conception, ils ne sont pas vraiment capables de capturer certains systèmes. types d'informations. C'est aussi pour ces raisons que le panorama « mise en œuvre » des solutions capteurs apparaît hétérogène.

1.1.1 Capteurs routiers

Les technologies adoptées au niveau européen et indiquées dans les lignes directrices pour la mise en œuvre d'un ITS produites par la plateforme européenne ITS1 sont décrites ci-dessous. Il est important de considérer qu'ils trouvent une application non seulement dans la surveillance des flux de circulation, mais également dans la détection des accidents.

Circuits inductifs. Il s'agit d'installations à l'intérieur du revêtement routier, constituées d'un fil métallique à travers lequel est induit un courant électrique qui, à travers des boucles inductives, permet de détecter le passage d'objets métalliques, tels que des véhicules.

Capteurs magnétiques. Les capteurs magnétiques sont capables de détecter d'infimes variations du champ magnétique provoquées par le passage des véhicules. Lorsqu'il n'y a aucun véhicule autour du capteur, celui-ci produit une mesure qui sert de référence. Lorsqu'un véhicule perturbe le champ magnétique, le capteur émet un signal dérivé de l'intégration de la ligne de base avec la valeur de perturbation ; ce signal, amplifié et numérisé, est traité pour obtenir des informations sur le transit.

Systèmes radar. Les systèmes radar de détection du trafic peuvent être basés sur la technologie laser ou micro-ondes. Le radar laser (également appelé LIDAR) émet une courte impulsion de lumière laser et mesure le temps nécessaire pour revenir après avoir été réfléchi par un objet, calculant ainsi la distance et la vitesse d'un véhicule. Le radar à micro-ondes, quant à lui, émet des ondes radio haute fréquence et détecte les ondes réfléchies par les objets environnants ; En analysant le changement de fréquence et le retard du signal réfléchi, le système peut déterminer la distance, la vitesse et, dans certains cas, même la direction du mouvement des objets. Le radar laser offre une plus grande précision dans la mesure de la distance et de la vitesse, mais peut être affecté par des obstacles tels que des conditions météorologiques défavorables (pluie, brouillard). Le radar à micro-ondes est moins affecté par les facteurs environnementaux, mais peut avoir une précision moindre. Di seguito sono descritte le tecnologie adottate a livello europeo e indicate nelle linee guida per la messa in opera di un ITS prodotte dalla European ITS Platform¹. Una cosa importante da considerare è che esse trovano applicazione non solo nel monitoraggio dei flussi di traffico, ma anche nella rilevazione di incidenti.

¹ European ITS Platform (2021). *Reference handbook for harmonised ITS core service deployment in Europe*. URL <http://www.itsreferencehandbook.eu/>

Capteurs infrarouges. Les systèmes infrarouges peuvent être divisés en deux catégories principales : les systèmes **actifs** et passifs. Les systèmes actifs utilisent une source de lumière infrarouge émise par le capteur lui-même, qui peut être réfléchi par les objets se trouvant dans la zone surveillée, tels que les véhicules. Le capteur détecte la lumière réfléchi et analyse les changements d'intensité ou les retards dans le temps de réflexion pour déterminer la présence et les mouvements des objets détectés. Les systèmes **passifs**, quant à eux, se basent sur les variations de température et détectent le rayonnement infrarouge naturel émis par les objets en fonction de leur chaleur. Ces systèmes ne nécessitent pas de source de lumière infrarouge active, mais dépendent uniquement du rayonnement thermique émis par les objets détectés. Les systèmes passifs, bien que moins précis dans la détermination des dimensions des objets détectés, sont moins influencés par les facteurs climatiques et comptent parmi les plus utilisés par la plateforme européenne ITS.

Capteurs à ultrasons. Les capteurs à ultrasons sont des appareils qui émettent des impulsions ultrasoniques et mesurent le temps nécessaire au signal pour revenir à la source après avoir été réfléchi par un objet tel qu'un véhicule. Grâce à ces informations temporelles, le capteur peut calculer la distance entre le capteur et l'objet détecté et déterminer la vitesse et la direction de déplacement des véhicules. Cette technologie peut fonctionner efficacement même dans des conditions météorologiques défavorables, mais peut être affectée par la présence d'obstacles susceptibles de dévier ou d'absorber les ultrasons, tels que de gros véhicules ou des arbres. De plus, la précision des mesures peut diminuer avec la distance.

Détecteurs acoustiques et caméras. Il existe des systèmes de surveillance du trafic basés sur l'analyse de signaux acoustiques et d'images. Ces systèmes s'appuient sur des techniques de traitement du signal pour obtenir des informations sur le trafic routier. Concernant la surveillance **acoustique**, des microphones peuvent être utilisés pour détecter les niveaux de bruit produits par le trafic routier ; Des algorithmes spécifiques peuvent être appliqués pour identifier les véhicules qui passent. Les algorithmes peuvent également être entraînés pour détecter des sons caractéristiques tels que le bruit de freinage ou de collision entre véhicules, contribuant ainsi à l'identification rapide des accidents. Les systèmes de surveillance du trafic basés sur l'**image** utilisent des caméras ou des caméras pour capturer des images de la chaussée. Grâce au traitement d'images et à l'application d'algorithmes de vision par ordinateur, les systèmes peuvent détecter les véhicules, calculer leur nombre, leur vitesse, leur direction de déplacement et les classer par type. Ces systèmes peuvent également être capables de détecter des événements tels que des accidents de la route ou des infractions au code de la route. Les deux systèmes, basés sur l'analyse acoustique et l'analyse d'images, offrent des avantages spécifiques. La surveillance acoustique du trafic peut être utile dans les situations où les caméras peuvent être limitées ou inefficaces, par exemple dans des conditions de faible luminosité. À l'inverse, la surveillance basée sur l'image offre des informations plus détaillées sur les véhicules et peut être intégrée aux systèmes de reconnaissance de plaques d'immatriculation pour un contrôle d'accès automatique ou pour surveiller le respect du code de la route.

1.1.2 Télévision en circuit fermé

Une technologie largement utilisée dans toute l'Europe est la **télévision en circuit fermé** (CCTV). Installées à des points stratégiques le long des routes, des intersections ou d'autres lieux d'intérêt pour la circulation, les caméras de vidéosurveillance peuvent fournir une vue en direct des zones clés. Si les capteurs décrits dans la section précédente produisent des données qui nécessitent généralement un intermédiaire logiciel pour être converties en informations, la vidéosurveillance produit des informations immédiatement exploitables par un opérateur humain. Ils peuvent être intégrés à des algorithmes de classification basés sur des techniques de vision par ordinateur (voir section 1.1.1), créant ainsi un système intégré de collaboration vertueuse entre agents artificiels et opérateurs humains. De plus, en cas d'accidents et d'infractions au code de la route, les enregistrements des caméras de vidéosurveillance permettent une analyse post-événement : les images peuvent fournir des preuves visuelles et détaillées qui peuvent être utilisées dans l'évaluation des événements d'intérêt.

1.1.2 Télévision en circuit fermé

Une technologie largement utilisée dans toute l'Europe est la **télévision en circuit fermé** (CCTV). Installées à des points stratégiques le long des routes, des intersections ou d'autres lieux d'intérêt pour la circulation, les caméras de vidéosurveillance peuvent fournir une vue en direct des zones clés. Si les capteurs décrits dans la section précédente produisent des données qui nécessitent généralement un intermédiaire logiciel pour être converties en informations, la vidéosurveillance produit des informations immédiatement exploitables par un opérateur humain. Ils peuvent être intégrés à des algorithmes de classification basés sur des techniques de vision par ordinateur (voir section 1.1.1), créant ainsi un système intégré de collaboration vertueuse entre agents artificiels et opérateurs humains. De plus, en cas d'accidents et d'infractions au code de la route, les enregistrements des caméras de vidéosurveillance permettent une analyse post-événement : les images peuvent fournir des preuves visuelles et détaillées qui peuvent être utilisées dans l'évaluation



des événements d'intérêt.

1.1.3 Sonde de données du véhicule

Des informations sur l'état du trafic peuvent également être obtenues grâce à la technologie Probe Vehicle Data (PVD). Un PVD est un dispositif installé sur les véhicules en circulation – voitures particulières, bus ou camions – qui collecte et transmet des informations sur les caractéristiques du trafic routier au fur et à mesure que les véhicules circulent sur les routes. Les données collectées concernent généralement la position du véhicule et certaines métriques relatives au mouvement (ex : vitesse, accélération). Ces données sont envoyées à un ordinateur central qui reçoit les entrées de plusieurs véhicules et permet de déduire des informations sur les temps de trajet.



1.2 Trafic portuaire terrestre

Dans les zones portuaires, les besoins de surveillance répondent essentiellement à deux objectifs généraux : 1) reconnaître les véhicules entrants et sortants, 2) fournir aux transporteurs des informations sur la disponibilité du stationnement. Il s'agit de fonctions typiques des systèmes ABGS (Automated Barrier Gate System) et des systèmes de stationnement intelligents (réglementés par le règlement délégué 2013/885, qui intègre la directive 2010/40/UE).

Un STI de gestion des zones portuaires doit donc être doté de systèmes chargés de :

- identifier les véhicules demandant l'accès ou sortant de la zone ;
- détecter la présence de véhicules dans les parkings pour compter les positions libres et acheminer les conducteurs vers les zones disponibles ;
- surveiller les aires de repos pour assurer la sécurité.

L'identification des véhicules peut être effectuée soit par des dispositifs d'identification par radiofréquence (RFID) ou de lecture de codes-barres, soit par des systèmes de lecture automatique de caractères pour l'identification des plaques d'immatriculation, basés sur des algorithmes de vision par ordinateur qui traitent les images visuelles fournies par les caméras placées aux portes.

La localisation des places de **stationnement gratuites** nécessite l'utilisation de capteurs capables de détecter la présence de véhicules et les technologies déjà décrites dans la section précédente 1.1.1 trouvent ici une nouvelle application.

L'utilisation de la vidéosurveillance pour la **vidéosurveillance** des espaces est également largement appliquée dans les zones portuaires.

1.3 Conditions météorologiques et qualité de l'air

La surveillance et la prévision des conditions météorologiques sont essentielles pour anticiper les situations défavorables et assurer la sécurité des transporteurs. L'écosystème de capteurs sur lequel s'appuie un ITS doit donc également inclure des détecteurs spécifiques aux conditions météorologiques, tels que :

- la température et l'humidité de l'air ;
- pression atmosphérique
- la vitesse et la direction du vent ;
- la quantité de pluie tombée ;
- l'état du revêtement routier (eau, glace) ;
- les conditions de visibilité.

Le dossier d'information devrait être complété par des capteurs spécifiques pour le suivi de la qualité de l'air, afin d'obtenir des informations sur la concentration de polluants tels que :

- les particules fines ;
- les oxydes d'azote ;
- monoxyde de carbone;
- les composés organiques volatils;
- l'ozone.

Grâce à l'application d'algorithmes prédictifs (voir section 3.3), l'analyse des données produites par les stations situées le long de la route permet d'agir rapidement pour sécuriser les routes en cas d'événements défavorables et d'informer les administrations locales si les niveaux d'émission doivent dépasser les limites autorisées.

2. Canaux de communication

En tant qu'usagers de la route, les transporteurs ont besoin d'informations de voyage précises, intégrées et complètes, afin de pouvoir réagir aux événements inattendus qui peuvent survenir. Les services STI devraient être dotés d'outils spécifiques visant à sensibiliser les usagers de la route aux décideurs qui peuvent modifier leur comportement pour accroître la sécurité, améliorer l'efficacité du réseau routier et réduire l'impact environnemental du trafic. Les données collectées grâce aux pratiques de surveillance doivent donc être canalisées vers des composants spécifiques tels que les systèmes d'information sur le trafic (TTIS) et les systèmes de gestion de la mobilité (TMS). L'éventail des informations couvre différents domaines, qui peuvent être divisés en deux grandes catégories : les conditions de circulation le long de l'**itinéraire** (elles comprennent à la fois des avertissements en temps réel et des indications prédictives), les informations sur les **voyages** (elles concernent l'état du système de transport et visent à fournir l'utilisateur dispose d'éléments pour planifier un voyage ou décider des itinéraires à suivre). Les informations peuvent être transmises à l'utilisateur via différents canaux, qui sont explorés plus en détail dans cette section.

2.1 Canal visuel

La plupart des informations transmises aux transporteurs transitent par le canal visuel. Les informations extraites des activités de surveillance, compte tenu de leur caractère dynamique, nécessitent une signalisation capable de s'adapter aux messages à véhiculer et c'est pour cette raison que des **panneaux à messages variables** sont imposés. Il s'agit de panneaux équipés d'écrans LED positionnés au-dessus de la route ou en bordure de route qui peuvent fournir des informations en temps réel sur différents sujets, tels que :

- alertes trafic (par exemple ralentissements, accidents, travaux en cours) ;
- les indications routières (par exemple signalisation des sorties, déviations) ;
- les avertissements de sécurité (par exemple présence de travailleurs, conditions météorologiques défavorables) ;
- les règles de conduite à suivre lors de la conduite (ex : limitations de vitesse, consignes de précaution).

Cette technologie a été mise en œuvre dans différents corridors au niveau européen dans des systèmes de gestion du trafic qui assurent une gestion dynamique du trafic (par exemple, changements d'utilisation des voies, limitations de vitesse dynamiques), mais aussi dans les zones portuaires utilisées pour le stationnement des véhicules, par exemple pour signaler la disponibilité et localisation des lieux (voir section 1.2).

Sono essenzialmente due i dispositivi di questo tipo, la cui implementazione risulta ormai consolidata a livello europeo: **interfono** e **videotelefono IP**, con il secondo che consente di veicolare contemporaneamente sia informazioni verbali che visive. I videotelefonati IP possono essere integrati nel sistema di bordo dei veicoli oppure posizionati in punti strategici come intersezioni o stazioni di servizio.

2.2 Canal verbal

Le canal de communication verbal trouve également sa place dans les pratiques adoptées dans les corridors européens. Par rapport au canal visuel, le canal verbal facilite la communication bidirectionnelle, à la fois verticale (vers et depuis une unité de commande) et horizontale (vers et depuis d'autres véhicules). Alors que les canaux visuels véhiculent presque exclusivement des informations « descendantes », les canaux verbaux offrent la possibilité d'inverser le flux d'informations dans un sens « ascendant ». Cette fonctionnalité augmente la possibilité de fournir des informations en temps réel pour la gestion du trafic et la fourniture de services d'urgence.

Il existe essentiellement deux dispositifs de ce type dont la mise en œuvre est désormais consolidée au niveau européen : l'**interphone** et le **visiophone IP**, le second permettant de transmettre simultanément des informations verbales et visuelles. Les visiophones IP peuvent être intégrés au système embarqué des véhicules ou positionnés à des points stratégiques comme des carrefours ou des stations-service.

2.2 Canal numérique

Un flux d'informations qui n'est pas directement médiatisé par l'homme passe par le canal numérique. Il s'agit d'un échange de données vers une unité de contrôle collectées localement via des capteurs routiers ou embarqués, ou au contraire provenant d'un centre de contrôle et dirigées vers des dispositifs d'écoute spéciaux sur la route ou sur les véhicules.



DATEX II (Data Exchange for Traffic Information) est une norme européenne qui définit une série de spécifications techniques permettant l'échange de données dans le domaine de la gestion du trafic et de la mobilité². L'utilisation de **DATEX II** est identifiée comme bonne pratique dans toutes les applications qui impliquent des informations dynamiques sur les systèmes de transport, en particulier sur le système routier. DATEX II est utilisé pour structurer la transmission des données de trafic entre différents systèmes et acteurs au sein d'un écosystème ITS et trouve des applications dans la communication de véhicule à infrastructure (V2I), de véhicule à véhicule (V2V) et de véhicule à véhicule. tout (V2X). Le protocole facilite l'intégration de données provenant de différentes sources et permet une communication et un partage d'informations efficaces entre les véhicules, les infrastructures et d'autres acteurs du système de transport intelligent. Il joue donc un rôle crucial dans la mise en œuvre des Cooperative-ITS (C-ITS), sous-catégorie d'ITS qui assure la communication et le partage d'informations entre les différents nœuds d'un ITS, qui peuvent ainsi être rendus interopérables (voir section 3.2).

² Plus de détails sont disponibles sur la page Web du projet : <https://docs.datex2.eu/basics/generalintroduction.html>

3. Infrastructures de données

Dans les STI, une infrastructure de données est un ensemble de composants utilisés pour collecter, traiter, stocker et diffuser des données liées au transport et à la mobilité. L'objectif principal d'une infrastructure de données STI est de permettre les échanges de données, améliorant ainsi l'efficacité, la sécurité et la durabilité des systèmes de transport.

3.1 Centralisation

La centralisation fait référence aux pratiques de collecte, de gestion et de diffusion de données à travers des systèmes unifiés, qui peuvent représenter une référence sur tout le territoire national, permettant aux utilisateurs - utilisateurs finaux ou prestataires de services - d'y accéder selon des méthodologies et des protocoles standards.

Le règlement délégué de l'UE 2015/962 invite les États membres à établir un point de référence national unique (**Point d'accès national, NAP**) pour l'accès des citoyens aux données routières et de trafic, y compris les mises à jour des données, fournies par les autorités routières, les opérateurs routiers et les prestataires de services et relatives aux le territoire d'un État membre donné. Dans le cadre des ITS, un NAP est conçu comme une **interface numérique** d'échange de données qu'un État met à disposition des citoyens pour favoriser la réutilisation des données de mobilité et qui met en œuvre les pratiques décrites dans le règlement 2013/886. Bien qu'il puisse prendre différentes formes (ex. référentiel, portail web, etc.), les pierres angulaires sur lesquelles reposent ses fondements sont bien encadrées par le règlement délégué 2017/1926, qui intègre la directive 2010/40, et qui décrit les règles à suivre. faits de :

- l'accessibilité, l'échange et la réutilisation des données statiques et dynamiques sur la mobilité et le trafic (articles 4 et 5) ;
- mises à jour des données (article 6) ;
- raccordement des services d'information sur la mobilité (article 7) ;
- réutilisation des données de mobilité et de trafic dans la fourniture de services et dans le cadre de la connexion de services d'information sur la mobilité (article 8) ;
- évaluation de la conformité (article 9).

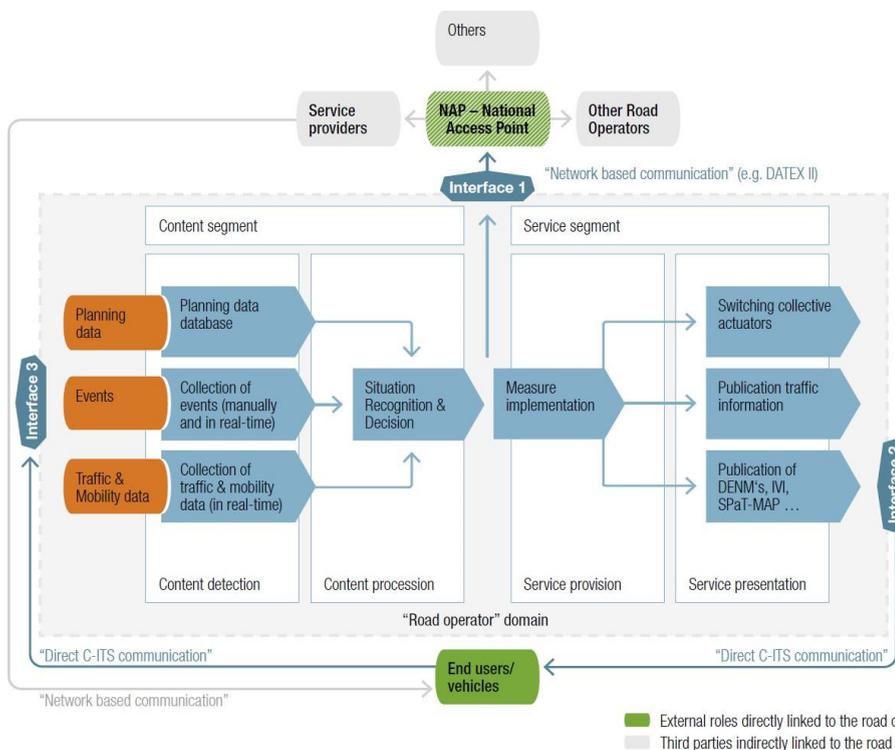


Figure 1. Architecture d'interface pour le partage de données. Image tirée de :: *Reference handbook for harmonised ITS core service deployment in Europe.*



Il existe trois types d'interfaces, dont le rôle dans une infrastructure de données est représenté dans la figure 1 :

1. interfaces pour la transmission d'informations vers des services tiers ;
2. des interfaces pour la transmission d'informations « descendantes » des services centralisés vers les utilisateurs finaux ;
3. des interfaces pour la transmission « bottom-up » des données collectées auprès des véhicules en circulation vers les services centralisés.

Qu'il s'agisse d'interfaces de type 1, 2 ou 3, un aspect fondamental est que les données sont partagées selon des formats « lisibles par machine », qui varient selon le type d'informations transmises. Il est également essentiel d'utiliser des normes ouvertes et communes pour la communication et l'échange de données entre différents nœuds, afin de promouvoir l'interopérabilité et de simplifier l'intégration de nouveaux composants ou systèmes à l'avenir.

3.2 Intégration

Les différents composants qui composent un STI portuaire doivent être interopérables et alimenter une source centralisée, permettant un flux d'informations en temps réel et facilitant une gestion intégrée et coordonnée des activités portuaires.

Diverses expériences européennes ont identifié le **Système Communautaire Portuaire (PCS)** comme le « bras opérationnel » dans lequel centraliser et intégrer les canaux STI. Le PCS est une plateforme technologique qui connecte tous les acteurs impliqués dans les opérations portuaires, notamment les opérateurs de terminaux, les transitaires, les transporteurs, les autorités portuaires et les autorités douanières. Le PCS facilite l'échange d'informations et la collaboration entre tous ces acteurs, permettant une gestion plus efficace des opérations. Il peut par exemple être utilisé pour la gestion documentaire, la planification des opérations de chargement et déchargement, le suivi des marchandises et la gestion des autorisations douanières. Le PCS vise à améliorer la fluidité et l'efficacité des opérations portuaires, en réduisant les temps d'attente et en optimisant l'utilisation des ressources.

En Europe, il existe plusieurs projets dans lesquels les PCS ont été équipés d'interfaces spécifiques pour intégrer les données des systèmes de surveillance ITS, afin d'améliorer les processus portuaires, en garantissant l'interopérabilité avec les plates-formes utilisées par les concessionnaires d'autoroutes.

L'intégration des technologies permet au PCS d'exploiter les informations environnantes qui peuvent être cruciales pour optimiser la gestion de l'espace, comme l'état des zones désignées pour abriter les véhicules. Les informations sensorielles des technologies du **système de stationnement intelligent (IPS)** peuvent être intégrées dans le PCS, réduisant ainsi les efforts et le temps des conducteurs pour chercher une place de stationnement.

En outre, les données sur les flux de trafic entrant et sortant du port peuvent alimenter des **algorithmes** spécifiques mis en œuvre dans les systèmes d'information, qui, grâce à une analyse statistique des données, génèrent des optimisations à différents niveaux (par exemple, réduction des temps de transit avec pour conséquence une amélioration des flux de trafic et une réduction des émissions de polluants et de bruit).).

3.3 Prédiction et prescription

Les données provenant de différentes sources peuvent être combinées et traitées pour pouvoir les utiliser dans le développement de **tableaux de bord** et d'algorithmes **d'apprentissage automatique**, pour créer des projections de scénarios qui pourraient se produire concernant le mouvement des véhicules et des marchandises dans les pôles logistiques, ainsi que les conditions météorologiques. , fournissant ainsi des outils de gestion numérique pour aider à la décision.

L'intégration des sources d'informations et leur traitement ultérieur au travers d'outils d'analyse prédictive et de business intelligence permettent d'estimer à court terme le nombre de véhicules entrants et sortants, permettant ainsi aux gestionnaires d'un port ou d'une plateforme logistique d'anticiper d'éventuels problèmes de congestion des flux de trafic (par exemple, permettre plusieurs voies de sortie/entrée ou répartir les demandes de transport sur une période donnée).



4. Aménagements routiers

Au niveau européen, les bonnes pratiques dans la mise en œuvre de corridors qui ont adopté des solutions STI ont consacré une grande place aux installations visant à améliorer la sécurité routière et à réduire le bruit ambiant.

4.1 Sécurité accrue

Les systèmes de **surveillance de la pression des pneus** ont pour objectif principal d'améliorer la sécurité routière et, par conséquent, ils permettent d'améliorer le rendement énergétique et de prolonger la durée de vie des pneus eux-mêmes. Les dispositifs permettent de surveiller en permanence la pression des pneus d'un véhicule et d'avertir le conducteur si la pression descend en dessous d'un niveau critique. Chaque pneu est équipé d'un capteur de pression, qui peut être direct ou indirect. Des capteurs directs sont installés à l'intérieur de chaque pneu et mesurent la pression des pneus en temps réel, tandis que les capteurs indirects utilisent d'autres capteurs du véhicule, tels que les capteurs de vitesse de roue, pour estimer la pression des pneus. Les capteurs transmettent les informations détectées à une unité centrale de contrôle du véhicule, qui collecte les données des différentes roues et les traite.

Un autre système important qui permet d'augmenter la sécurité et les performances du véhicule sont les **barres de mesure de l'empreinte des pneus**, utilisées pour évaluer la largeur de l'empreinte laissée par les pneus sur la surface de la route (la zone de contact entre les pneus. C'est la chemin). Il s'agit d'un paramètre qui peut fournir des informations utiles pour évaluer la répartition de la charge du véhicule et l'usure des pneus, ce qui peut contribuer à l'adhérence et à la stabilité du véhicule. Une mesure régulière de la bande de roulement peut aider à identifier toute anomalie ou problème d'alignement pouvant affecter l'usure des pneus

Les barres de mesure d'empreinte sont constituées de panneaux plats et minces, généralement constitués d'un matériau solide tel que l'acier. Ils sont conçus pour être posés au sol afin que le véhicule puisse rouler dessus en laissant une trace en haut du panneau. La largeur de l'empreinte peut être déterminée en mesurant la distance entre les bords de la trace laissée par les pneus.

Enfin, des **stations de pesée** peuvent être créées pour les poids lourds, permettant de vérifier si les véhicules ne sont pas surchargés, mettant en danger la sécurité du transporteur et des autres automobilistes.

4.2 Réduction du bruit

Il est de bonne pratique de prendre en compte le problème de la pollution sonore générée à la fois par les opérations de manutention des marchandises dans le port et par le trafic de véhicules lourds lors de la mise en œuvre de solutions STI portuaires. Cet aspect revêt une importance particulière dans les zones urbaines, où le bruit constant de la circulation peut nuire à la qualité de vie des habitants et de l'environnement.

En disposant de détecteurs acoustiques spécifiques (voir section 1.1.1) installés à des points stratégiques le long des routes qui relient les zones portuaires aux pôles logistiques, il est possible de mesurer la quantité de bruit généré par les véhicules, afin d'évaluer où et par conséquent comment agir. Des solutions pouvant intervenir à différents niveaux, qui concernent essentiellement l'optimisation des infrastructures routières et la gestion des flux de trafic.

Barrières insonorisantes. Les écrans antibruit sont des structures placées le long des routes pour réduire la propagation du bruit. Ils sont fabriqués avec des matériaux qui absorbent l'énergie acoustique, atténuant ainsi le bruit produit par la circulation.

Asphalte insonorisant. L'utilisation d'asphalte insonorisant peut contribuer de manière significative à réduire le bruit routier. Ce type d'asphalte est conçu avec des matériaux spéciaux qui réduisent la réflexion sonore et l'énergie acoustique émise par les véhicules.



Limitations de vitesse. Réduire la vitesse des véhicules sur les routes peut contribuer à une réduction du bruit, car le bruit est souvent lié à la vitesse de déplacement. La mise en œuvre de limites de vitesse appropriées et l'application stricte des règles de circulation peuvent contribuer à contrôler le bruit routier.

Planification d'itinéraire. La création de zones de transit séparées pour le trafic intense et la mise en place d'itinéraires stratégiques peuvent contribuer à minimiser l'impact du bruit sur la population voisine.



PARTIE 2

État de l'art et bonnes pratiques issus des entretiens B2B



5. A4 Mobility: Innovation et durabilité dans l'infomobilité

A4 Mobility S.r.l, une société du groupe A4 Holding, opère dans la conception, le développement et la maintenance de solutions intégrées de mobilité et de sécurité au service du territoire, et apparaît sur le marché comme une entreprise qui peut se vanter d'une précieuse richesse d'expérience, de processus et un savoir-faire de plus de dix ans activités dans le secteur de l'infomobilité avec l'approche ITS. Plus précisément, A4 Mobility développe et intègre des systèmes, des applications et des dispositifs pour tous les systèmes ITS, représentant un laboratoire d'excellence sur le marché de la mobilité sous toutes ses formes.

Dans le vaste panorama des systèmes de transport intelligents, A4 Mobility apparaît comme un exemple d'innovation et d'engagement en faveur de l'efficacité, grâce à la mise en œuvre de nouvelles solutions matérielles et logicielles. Dans l'entretien avec A4 Mobility, des projets sur divers actifs de l'entreprise ont été discutés, qui ont mis en évidence de bonnes pratiques de processus sous divers aspects.

5.1 Centre des opérations de circulation

L'un des projets phares d'A4 Mobility est le Traffic Operations Centre, un système avancé qui collecte les données d'une large gamme de capteurs. Ce système fournit des conseils opérationnels en temps réel, guidant l'opérateur sur la manière d'agir en réponse à des événements spécifiques. Ce type de solution permet une gestion du trafic plus efficace et plus réactive, contribuant ainsi à améliorer la sécurité et la fluidité des véhicules.

À la base du Traffic Operations Center se trouve un réseau sophistiqué de capteurs, stratégiquement situés le long des artères de circulation et aux points clés de l'infrastructure routière. Ces capteurs peuvent aller des caméras haute définition aux détecteurs de vitesse et aux capteurs environnementaux qui surveillent les conditions atmosphériques telles que la température, l'humidité et les précipitations. Les données collectées sont envoyées en temps réel vers une plateforme centralisée. Cette plateforme utilise des algorithmes avancés pour analyser, interpréter et corréler les informations, générant ainsi un aperçu global de la situation du trafic.

L'une des particularités du Traffic Operations Center est sa capacité à réagir presque instantanément aux événements inattendus. Qu'il s'agisse d'un accident, d'un embouteillage ou de conditions routières dangereuses dues à des phénomènes météorologiques, le système est conçu pour identifier le problème et apporter des solutions opérationnelles. Les opérateurs en service peuvent, par exemple, recevoir des alertes immédiates sur les zones de congestion potentielles et prendre des mesures préventives, comme détourner le trafic ou envoyer des équipes d'urgence.

Avec l'aide du Traffic Operations Centre, les autorités et les organismes de gestion du trafic peuvent prendre des décisions éclairées, réduisant considérablement les temps de réaction et améliorant l'efficacité de la circulation. De plus, l'analyse prédictive vous permet d'anticiper les modèles de trafic en fonction des données historiques et des tendances actuelles, offrant ainsi des solutions préventives plutôt que réactives.

Outre une gestion efficace, un autre avantage fondamental offert par le Traffic Operations Center est l'augmentation de la sécurité routière. L'identification rapide des incidents ou des dangers permet d'intervenir en temps opportun, réduisant potentiellement le risque de nouveaux incidents ou complications. La capacité de surveiller les conditions routières et environnementales en temps réel lui permet également de fournir des alertes aux conducteurs, contribuant ainsi à créer un environnement de conduite plus sûr pour tous.

À l'avenir, on peut s'attendre à ce que le Centre des opérations de circulation continue d'évoluer, intégrant peut-être des technologies émergentes telles que celles basées sur l'apprentissage automatique pour entraîner les algorithmes d'intelligence artificielle (IA) afin de fournir des résultats encore plus précis et approfondis. Uno dei progetti di punta di A4 Mobility è la Centrale Operativa Viabilità, un sistema avanzato che raccoglie dati da una vasta gamma di sensori. Questo sistema fornisce indicazioni operative in tempo reale, guidando l'operatore su come agire in risposta a eventi specifici. Questo tipo di soluzione consente una gestione del traffico più efficiente e reattiva, contribuendo a migliorare la sicurezza e il flusso veicolare.

5.3 Durabilité et réduction du bruit

Bien qu'A4 Mobility opère principalement dans le domaine de l'infomobilité et des solutions ITS, l'entreprise a reconnu l'importance de s'attaquer au problème de la pollution sonore. Cette sensibilité s'inscrit dans un tableau plus vaste de



engagement en faveur de la durabilité et du suivi de l'impact environnemental (ESG). En ce sens, l'entreprise ne s'est pas limitée à mettre en œuvre des technologies de mobilité avancées, mais a élargi sa vision vers une approche plus holistique, prenant en compte les défis environnementaux et sociaux.

Les murs antibruit, comme mentionné, sont l'un des outils utilisés par A4 Mobility. Au-delà de leur apparente simplicité, ces écrans sont le résultat d'une recherche approfondie et d'une ingénierie avancée, tout comme les revêtements de sol insonorisants.

À l'avenir, avec l'avènement des véhicules électriques et une plus grande conscience environnementale, le bruit de la circulation devrait diminuer. Cependant, l'approche proactive d'A4 Mobility montre qu'il ne suffit pas d'attendre que le changement se produise, mais qu'il est essentiel de le piloter.

5.4 L'évolution de l'architecture logicielle : du système monolithique aux microservices

A4 Mobility évolue vers une architecture basée sur des microservices, les fonctionnalités de l'application sont divisées en services indépendants, dont chacun peut être développé, testé, déployé, mis à l'échelle et mis à jour indépendamment. Cette modularité augmente la résilience du système, car une panne dans un microservice n'affecte pas les autres. De plus, les microservices peuvent être orchestrés pour exécuter des flux de travail complexes de manière automatique et coordonnée, facilitant ainsi l'intégration et l'automatisation.

En matière de sécurité informatique, A4 Mobility a mis en place une série de mesures pour protéger les données sensibles et garantir la confidentialité des utilisateurs. Cela inclut la mise à jour continue de votre système pour le protéger des dernières menaces et vulnérabilités, ainsi que l'utilisation de techniques avancées de cryptage et d'authentification.

A4 Mobility explore également l'utilisation de l'intelligence artificielle dans ses ITS. L'IA peut être utilisée pour analyser les données de trafic en temps réel, créer des scénarios à des fins prédictives, détecter automatiquement les incidents et fournir des conseils opérationnels. Ce type de fonctionnalité avancée peut encore améliorer l'efficacité et la sécurité du système de transport.

La mise en œuvre de l'IA s'effectue grâce à une série de techniques d'apprentissage automatique. Les algorithmes de machine learning peuvent être entraînés sur de grandes quantités de données de trafic pour pouvoir prédire les flux, reconnaître et classer les événements et ensuite identifier les problèmes potentiels. L'apprentissage profond, une sous-catégorie de l'apprentissage automatique qui utilise des réseaux neuronaux artificiels, peut être utilisé pour détecter automatiquement les accidents en fonction de modèles complexes de données de trafic. Ces algorithmes peuvent être implémentés dans un environnement informatique distribué, tel qu'Apache Spark, pour gérer de gros volumes de données et fournir des résultats en temps réel.

En résumé, l'architecture logicielle A4 Mobility représente une bonne pratique dans le domaine des ITS. L'adoption de microservices, l'attention portée à la cybersécurité et l'investissement dans l'intelligence artificielle démontrent un engagement envers l'innovation technologique et l'évolution continue du système de transport.

5.5 5.5 Projets spécifiques : Port de Livourne

A4 Mobility a développé un système de contrôle d'accès automatisé pour le port de Livourne. En outre, l'entreprise a mis en œuvre un système ITS coopératif entre Livourne et Prato, qui comprend des capteurs de stationnement. Ces projets démontrent comment les solutions STI peuvent être adaptées à une variété de contextes, améliorant ainsi l'efficacité et la sécurité dans différentes situations de transport.



6. Le cas de la Magyar Közút Nonprofit Zrt

Magyar Közút Nonprofit Zrt. est une entreprise publique hongroise qui gère le réseau routier public du pays. Tamás Attila Tomaschek, ingénieur spécialisé dans les infrastructures de transport, a été interviewé au nom de l'entreprise. En plus de diriger l'unité de gestion du trafic chez Magyar Közút Nonprofit, Tomaschek poursuit son deuxième doctorat au Département des technologies automobiles de l'Université de technologie et d'économie de Budapest et a été chef de projet sur plusieurs projets liés au corridor CROCODILE. Bien que ce corridor comprenne des zones portuaires, les travaux du Dr Tomaschek a principalement concerné les technologies ITS dédiées à la gestion opérationnelle des flux routiers, non directement liées à la logistique maritime.

6.1 Projet pilote pour la surveillance du bruit

Actuellement, Tomaschek participe à un projet pilote visant à surveiller le bruit généré par le transit des véhicules le long de tronçons d'autoroutes hongroises. De son expérience, des informations importantes ont été déduites concernant les mesures acoustiques.

Le projet est né suite aux désagréments signalés par les habitants de certaines zones critiques en termes de nuisances sonores. Tomaschek affirme que, même si la meilleure pratique dans ces situations serait de surveiller le bruit exactement là où il provoque des désagréments, pour des raisons de gestion des espaces privés, cette pratique ne peut pas être mise en œuvre. Pour cette raison, les tronçons incriminés ont été équipés de capteurs à proximité de la route, donc là où le bruit est généré. Les mesures recueillies seront utilisées ultérieurement pour évaluer s'il convient d'imposer des restrictions sur la vitesse des véhicules.

Tomaschek a souligné certaines caractéristiques de l'infrastructure de données. Dans la mise en œuvre en question, Tomaschek souligne comme bonne pratique le fait que les données produites par les capteurs voyagent sur un réseau privé et que, de la même manière, elles sont archivées sur une base de données privée, ne s'appuyant donc pas sur des solutions cloud.

7. Le cas des ports de Venise et Chioggia

L'Autorité du Système Portuaire de la Mer Adriatique Nord (Ports de Venise et Chioggia), ci-après AdSP MAS, est un organisme public indépendant qui planifie, coordonne et contrôle les opérations portuaires réalisées par des entreprises privées en concession dans le système portuaire polyvalent de Venise et Chioggia. AdSP MAS s'occupe également de l'entretien des infrastructures et du dragage, supervise la fourniture des services d'intérêt général, gère le Domaine Maritime de l'État et planifie le développement du port.

L'organisation est divisée en 5 départements différents : Secrétariat général et cabinet du Président, Technique, Patrimoine de l'État, Opérations portuaires, Planification stratégique, Finances et Contrôle. Le chiffre d'affaires moyen peut atteindre 100 millions d'euros/an provenant des redevances de concession et des tarifs portuaires pour les marchandises, le nombre d'employés est supérieur à 100.

En 2019 (avant Covid-19), le débit total était de 24 987 910 tonnes et 593 070 EVP traités, confirmant Venise comme l'un des ports centraux du réseau européen Ten-T (c'est-à-dire les corridors centraux du réseau Baltique-Adriatique et Méditerranée) et l'un des des principaux ports d'accès à l'Adriatique.

L'accès aux terminaux commerciaux de Venise-Porto Marghera est garanti par le canal de navigation principal Malamocco-Marghera, qui s'étend sur environ 20 km, avec une profondeur de -12 m, égale au niveau établi par l'actuel plan directeur portuaire. Les particularités environnementales et géographiques de la zone rendent la navigation des navires plus complexe que dans les autres ports nationaux.

A travers ses pratiques, qui s'appuient sur les technologies de l'information et les aides à la navigation, AdSP MAS vise à améliorer la gestion du trafic portuaire, améliorant ainsi l'accessibilité nautique. Dans l'entretien réalisé avec le Dr Mara Pitacolo - personne de contact pour l'AsSP MAS - plusieurs projets importants ont émergé pour de bonnes pratiques ITS dans le secteur maritime.

7.1 Projet INTESA

AdSP MAS a récemment participé au projet INTESA (Amélioration de l'efficacité et de la sécurité du transport maritime dans l'Adriatique), promu par les ministères des Transports italien et croate, les principaux ports de l'Adriatique et le service MET croate. Créée pour accroître la sécurité transfrontalière dans le secteur maritime, INTESA a amélioré l'accessibilité nautique des ports des deux rives de la mer Adriatique, grâce à l'adoption de systèmes informatiques de pointe pour les aides à la navigation, la surveillance portuaire et l'échange de données en temps réel. .

Avec INTESA, la normalisation et l'intégration des procédures de surveillance et de gestion portuaires de la mer Adriatique ont commencé, renforçant le réseau de systèmes communautaires portuaires, améliorant les procédures d'échange de données sur les compagnies maritimes et les navires opérant entre les ports. En guise de bonnes pratiques, outre la mise à jour des systèmes informatiques, des outils d'aide à la navigation ont été mis en place :

- Virtual AtoN (Aid to Navigation), qui optimise le système de signalisation pour assurer une plus grande sécurité de navigation.
- Unités Portables Pilotes (PPU) : basées sur une cartographie de précision, tant sur terre que dans l'eau, elles permettent aux pilotes de connaître la position instantanée et future avec une précision centimétrique.
- Capteurs météo marine : mis en réseau, ils permettent de détecter des informations relatives à l'environnement lagunaire et à la situation météorologique (ex : hauteur de marée).
- Système d'identification automatique (AIS) : grâce à l'identification, au suivi de position et à des informations supplémentaires (par exemple vitesse de croisière), il permet de réduire au minimum le risque de collision entre navires.
- Système intégré de gestion des données cartographiques.



7.2 Projets pour la durabilité environnementale

AdSP MAS a entrepris une série d'actions pilotes pour la durabilité environnementale et l'efficacité énergétique portuaire, abordant diverses questions liées à ces questions, telles que la création d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air pour divers composants atmosphériques (par exemple SO_x, NO_x, particules) et un série de campagnes de surveillance acoustique et météorologique.

En ce qui concerne le deuxième aspect, l'action s'est basée sur l'installation, en points fixes, de trois stations de surveillance pour la détection continue des émissions sonores et des données météorologiques, dans le but de déterminer la contribution acoustique provenant du secteur portuaire dans le contexte urbain. .

AdSP MAS réalise également une intervention de repassage à froid, qui consiste en l'électrification des quais portuaires. Grâce aux systèmes d'alimentation en énergie électrique du rivage jusqu'aux navires pendant la phase d'amarrage, le repassage à froid permet de réduire l'utilisation des moteurs embarqués pour la production d'énergie auxiliaire, réduisant ainsi les niveaux de pollution atmosphérique et sonore. La réduction du bruit et l'amélioration de la qualité de l'air seraient donc un effet secondaire vertueux découlant du remplacement des moteurs à combustion interne par des moteurs électriques.

Enfin, AdSP MAS a récemment participé au projet CLEAN BERTH, qui visait à créer un modèle commun de planification environnementale et de promotion de l'efficacité énergétique entre tous les ports de la zone transfrontalière Italie-Slovénie. Le projet a été mené par l'Autorité du système portuaire de la mer Adriatique orientale (Port de Trieste) avec le soutien d'autres partenaires institutionnels en plus de l'Autorité portuaire vénitienne, tels que la Région Frioul-Vénétie Julienne, le Port de Koper et l'Université de Côte pour la Slovénie.

Le projet est né de la nécessité d'orchestrer la mise en œuvre d'outils de planification environnementale et énergétique selon une perspective partagée, adoptant ainsi des mesures d'atténuation de manière coordonnée, dans le but ultime d'améliorer les résultats des pratiques de protection de l'environnement.

Les premières activités techniques de CLEAN BERTH impliquaient le calcul de l'empreinte carbone de chaque port et l'identification des meilleures pratiques en termes de durabilité environnementale et d'efficacité énergétique. Une première étape en ce sens est représentée par l'élaboration d'un inventaire des émissions, à partir duquel commencer à identifier toutes les activités et dispositifs qui produisent des émissions directes ou indirectes de gaz à effet de serre, permettant une évaluation des quantités d'émissions pour chaque activité ou source. des émissions. Grâce à cet inventaire, il est également possible de comparer les quantités d'émissions entre terminaux ou ports, permettant ainsi l'identification des problèmes critiques, l'adoption des décisions les plus efficaces sur les investissements prioritaires et l'introduction de changements technologiques utiles pour réduire les émissions. Sur la base du calcul de l'empreinte carbone de chaque port, les meilleures pratiques en termes de durabilité environnementale et d'efficacité énergétique ont été identifiées.

CLEAN BERTH a entraîné des changements dans les processus et les infrastructures des ports concernés, apportant des effets à long terme qui se poursuivent bien au-delà de la fin institutionnelle du projet.



8. Le cas de la A22 Autostrada del Brennero

L'autoroute A22 du Brennero (Autobrennero) relie Campogalliano (près de Modène) au col du Brennero. Traversant diverses régions italiennes (Émilie-Romagne, Lombardie, Vénétie et Trentin-Haut-Adige), l'A22 atteint la frontière autrichienne, où elle continue sous le nom d'A13. Cette artère autoroutière offre un passage à travers les Alpes d'une grande importance économique et stratégique ; compte tenu de sa position, l'A22 est souvent soumise à des flux de trafic intenses, y compris de poids lourds, c'est pourquoi elle représente un banc d'essai et une étude de cas important pour tout ce qui touche aux systèmes de transport intelligents. Ilaria De Biasi, qui coordonne l'activité de divers projets européens dans le domaine des ITS, a été interviewée pour Autostrada del Brennero SpA.

8.1 Technologies de surveillance

Chez Autobrennero, ils utilisent des technologies ITS pour surveiller et compter les véhicules, telles que des boucles inductives et des caméras. En particulier, les boucles sont indiquées comme une technologie particulièrement fiable, contrairement au radar. Les systèmes ITS d'Autobrennero sont également dédiés à la surveillance environnementale, dans le but de prescrire une réduction de vitesse aux véhicules en transit en fonction des prévisions de trafic, de météo et de qualité de l'air.

8.2 Projets C-ITS

Les C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) sont un ensemble de technologies et d'applications qui permettent la communication entre les véhicules, les infrastructures et les usagers de la route pour améliorer la sécurité, l'efficacité et la durabilité des transports, qui incluent des technologies telles que :

- communication inter-véhicules (V2V) : échange d'informations entre véhicules, telles que la position, la vitesse et la direction, pour prévenir les accidents et améliorer la sécurité routière ;
- communication entre véhicules et infrastructures (I2V et V2I) : échange d'informations entre les véhicules et l'infrastructure routière, pour améliorer la fluidité du trafic et réduire les embouteillages ;
- des services d'infomobilité : envoi aux conducteurs d'informations en temps réel sur le trafic, les conditions météorologiques et les éventuels détours, pour choisir le meilleur itinéraire et réduire les temps de trajet ;
- gestion du trafic : surveillance en temps réel du trafic sur le réseau routier, afin de pouvoir prendre rapidement des mesures pour réduire les embouteillages et améliorer la sécurité.

C-ROADS est une plateforme européenne commune d'États membres et d'exploitants routiers qui a été créée pour tester et mettre en œuvre des services C-ITS dans une perspective d'harmonisation des services et d'interopérabilité transfrontalière. Dans le cadre du projet C-Roads Italie, en collaboration avec des partenaires tels qu'Iveco, Stellantis et TIM, Autobrennero s'est concentré sur la communication bidirectionnelle entre l'infrastructure et le véhicule, en développant un protocole de transmission de messages géoréférencés qui, grâce à un système de notification push envoyé par un serveur de courtier, communique par diffusion avec les véhicules circulant le long de l'itinéraire. Il s'agit d'un système de communication hybride à la fois courte portée, basée sur l'utilisation d'antennes bidirectionnelles fonctionnant avec la technologie ITS-G5, et longue portée, basée sur l'utilisation d'une antenne virtuelle grâce à laquelle le courtier reçoit les signaux de toute l'autoroute et envoie des notifications exclusivement aux zones d'intérêt.

La solution créée par Autobrennero permet de transmettre aux ordinateurs de bord la présence de chantiers de construction, d'accidents, de conditions météorologiques défavorables et d'informations similaires. Un cas d'utilisation particulièrement pertinent testé par Autobrennero est la possibilité de maintenir la continuité du signal même dans les tunnels.

Toujours dans le contexte des C-ITS, une ligne de développement technologique est en cours de définition à Autobrennero qui devrait inclure la possibilité d'intégrer directement un système de perception des péages autoroutiers dans les systèmes.



8.3 Autres projets

PoDIUM est un projet inclus dans le programme Horizon Europe qui vise à développer une série de technologies clés pour les infrastructures physiques et numériques grâce à la mise en œuvre de cas d'usage spécifiques en conditions réelles. Autobrennero est notamment impliqué dans le cas d'usage « Gestion des risques dans un tunnel autoroutier », qui vise à quantifier le niveau de risque d'un tunnel et à l'utiliser pour adapter à l'avance le niveau d'automatisation des véhicules connectés/coopératifs en approche.

Autobrennero participe également au projet NAPCORE, qui vise à améliorer l'interopérabilité des points d'accès nationaux comme épine dorsale de l'échange de données sur la mobilité européenne.

8.4 Interventions sur le bruit et la qualité de l'air

Même si sur le tronçon autoroutier les limites imposent déjà le maintien de vitesses optimales pour la réduction du bruit — une mesure qui, selon ce que rapporte la personne interrogée, implique également une réduction de 15 % des émissions d'oxyde d'azote le long des routes — Autobrennero a mis en œuvre diverses solutions complémentaires pour résoudre le problème du bruit.

Avec le projet BrennerLEC - inclus dans le programme LIFE - Autobrennero s'engage à créer un corridor à faibles émissions (Lower Emission Corridor) pour l'autoroute A22, avec des actions visant à apporter des bénéfices en termes de qualité de l'air et de réduction du bruit, avec un impact tant en termes environnementaux qu'en termes d'amélioration de l'efficacité du système de transport. Bien qu'il s'agisse d'un projet officiellement terminé, Autobrennero étend les tests des solutions identifiées à quatre autres itinéraires. La réduction des émissions polluantes a été poursuivie à travers différentes stratégies :

- gestion des flux de véhicules lors de situations de trafic intense, combinant la réduction dynamique des limitations de vitesse avec des stratégies d'activation dynamique des voies ;
- gestion dynamique des vitesses maximales autorisées en fonction de la qualité de l'air ;
- la gestion des flux de circulation à proximité des grandes zones urbaines grâce à l'information routière « intelligente ».

L'A22 a été équipée d'un revêtement drainant et insonorisant (cette pratique oblige l'entreprise à réaliser des opérations d'entretien plus onéreuses que le revêtement normal, étant donné que les matériaux utilisés, en raison de leur porosité, sont plus sujets aux dommages dus au gel).

L'autoroute est également équipée de barrières insonorisantes, situées à des points stratégiques déterminés à la suite d'enquêtes. Par ailleurs, les habitations proches du tracé, particulièrement sujettes à l'inconfort dû au bruit, ont été équipées sur demande de fenêtres insonorisantes ; Ce sont surtout les habitations du Haut Adige, en raison de leurs particularités architecturales, qui sont soumises à ce problème.

Enfin, en raison des fermetures aux poids lourds imposées sur le tronçon autrichien de l'autoroute, les derniers kilomètres de l'A22 sont particulièrement soumis aux nuisances sonores, provoquées par les véhicules qui, du fait de la nécessité de thermorégulation des soutes, sont maintenus en mouvement. Pour répondre à cette problématique, trois parkings ont été équipés de bornes de recharge fournies par la société partenaire Nomad Power. Les colonnes Nomad Power représentent une solution économique, éco-durable et silencieuse pour charger les unités de maintien en température. De cette manière, les transporteurs de véhicules à température contrôlée peuvent se connecter au réseau électrique, au lieu d'utiliser le générateur diesel polluant et bruyant. Un transporteur pourra ainsi disposer de l'énergie nécessaire pour maintenir l'unité en température lors d'un court arrêt ou d'une nuitée, réduisant ainsi l'utilisation du combustible fossile le plus cher, le plus bruyant et le plus polluant.



PARTIE 3

Synthèse des bonnes pratiques qui ont émergé

9 Résumé des bonnes pratiques

Les bonnes pratiques qui ont émergé des entretiens menés avec les parties prenantes et de l'analyse des réglementations et de la littérature concernant les systèmes de transport intelligents sont résumées ci-dessous, en se concentrant notamment sur la réduction du bruit. En fait, bien qu'avec l'avènement des véhicules hybrides et électriques on s'attende à une réduction générale de la pollution sonore produite par la circulation des véhicules ordinaires, il existe diverses pratiques réussies adoptées pour la réduction du bruit qui impliquent également le trafic résultant du transit de véhicules lourds et de tous ceux secondaires, opérations nécessaires à la chaîne logistique.

Les bonnes pratiques ont été encadrées dans des domaines clés spécifiques qui regroupent quatre types d'actions : au niveau des infrastructures routières, au niveau de la régulation des flux de trafic, au niveau du traitement des données et enfin au niveau des infrastructures informatiques.

9.1. Infrastructures routières

Les interventions en matière d'infrastructures routières visent à réduire l'impact de la pollution sonore sur les riverains le long des tronçons routiers. L'installation de **murs antibruit** le long de la chaussée et de **pavages insonorisants** contribuent à la réduction du bruit produit par le passage des véhicules, créant ainsi des environnements plus silencieux et plus confortables pour ceux qui vivent et travaillent à proximité des routes. Des actions de ce type peuvent également être étendues aux habitations situées à proximité des zones routières et portuaires, en finançant l'installation de **fenêtres insonorisantes** chez les particuliers. Enfin, **l'électrification des stalles** permet d'alimenter en énergie électrique les véhicules en panne (qu'ils soient terrestres ou navals), tout en contribuant également à une réduction des émissions polluantes.

9.2. Gestion du trafic

Grâce à la **direction optimale** des véhicules (comme par exemple dans le cas de la planification d'itinéraires), il est possible de minimiser la congestion routière, réduisant ainsi les temps de trajet et la consommation de carburant. Par ailleurs, la mise en œuvre de **limitations de vitesse statiques ou dynamiques** via des feux tricolores contribue à la sécurité routière et à la fluidité du trafic.

9.3 Infrastructure de données

L'infrastructure de données nécessite un réseau de **capteurs de surveillance sur site** qui permettent de collecter des données en temps réel sur le trafic, l'état des routes et les conditions environnementales, permettant ainsi une analyse plus précise et une réponse plus rapide aux événements. Les capteurs communiquent de bas en haut avec un **centre de traitement** qui traite les données entrantes, extrayant les informations pour obtenir des prescriptions pour les conducteurs. La centralisation des données provenant de diverses sources permet une gestion plus efficace et une vue complète de la situation routière, facilitant la planification et la réponse aux situations d'urgence. Grâce à l'utilisation **d'algorithmes d'analyse automatisée des données**, il est possible d'identifier des modèles, des tendances et des anomalies, fournissant ainsi des informations précieuses pour améliorer la gestion du trafic et l'infrastructure routière. Dans tout cela, il est essentiel que la **communication se fasse en temps réel**.

9.4 Infrastructure informatique

L'infrastructure informatique doit reposer avant tout sur les principes de robustesse, de sécurité et d'évolutivité. L'utilisation de **réseaux et de serveurs privés** garantit la sécurité et la protection des données sensibles, évitant les cybermenaces potentielles et garantissant la confidentialité des informations. De plus, l'adoption d'une **architecture de microservices** favorise l'évolutivité, la mise à jour et la maintenance agiles du système, permettant l'intégration de nouvelles fonctionnalités de manière modulaire.