

Go SMarT Med

GOUVERNANCE DES SERVICES MARITIMES DES TRANSPORTS DANS LA MÉDITERRANÉE



RAPPORT TECHNIQUE SOUS LA NOUVELLE STRUCTURE DE GOUVERNANCE GO SMART MED

édité par :

CIREM (Coordinateur de l'activité), CENTRALABS, LOGIT LAB

Sommaire

PREMISSE	3
1. LE CONTEXTE DE L'INTERVENTION ET LES LIMITES DU SYSTEME DE GESTION ACTUEL.....	4
2. Les DRIVERS de la nouvelle gouvernance.....	6
3. LE MODELE ANALYTIQUE POUR LA DEFINITION DE LA NOUVELLE STRUCTURE DU RESEAU.....	8
4. LE RESEAU Go Smart Med.....	11
4.1 La caractérisation de réseau actuel	11
4.1.1 <i>Le bilan de réseau actuel</i>	13
4.2 Le réseau optimisé Go Smart Med.....	17
4.3 La comparaison entre les deux structure du réseau	20
5. LES ADRESSES POUR L'INTERGRATION TARIFIERE	23
5.1 Un modèle mathématique d'intégration optimale d'un système tarifaire.....	29
5.2 La Théorie des jeux	30

PREMISSE

Le projet Go SMarT Med a été créé pour contribuer à développer un système coordonné et efficace de transport maritime des marchandises dans la Méditerranée occidentale, capable d'améliorer la connexion des nœuds secondaires et tertiaires de la zone de coopération aux réseaux RTE-T et d'atténuer l'isolement des territoires périphériques et insulaires. À cette fin, le projet Go Smart Med, utilisant des données réelles de l'offre et de la demande tirées d'enquêtes et d'entretiens directs et indirects avec les différents acteurs impliqués dans la chaîne de transport transfrontalière, propose un nouveau modèle de gouvernance pour le système de transport maritime de la région, basé sur la réorganisation intégrée des services maritimes de ligne ro-ro existants.

Le transport ro-ro représente une des principales options sur laquelle la politique européenne des transports se concentre, en promouvant de l'inter-modalité et des initiatives liées aux autoroutes de la mer en vue du développement des systèmes de transport plus durables. Conformément aux directives de l'UE, le projet Go Smart Med a pour objectif de définir un nouveau schéma d'un réseau intégré et optimisé pour les services de transport maritime Ro-Ro opérant actuellement dans la région tyrrhénienne et visant à améliorer l'offre globale du service de transport maritime dans la région. L'approche méthodologique utilisée pour la définition d'un nouveau modèle de gouvernance repose sur l'intégration des horaires et des fréquences des services de transport maritime de fret existants, à l'aide d'un modèle analytique qui détermine la répartition des flux de demande sur le réseau, tout en minimisant une fonction à objectifs multiples composée de la somme pondérée des temps de trajet et des tarifs.

La comparaison entre les deux structures de réseau, actuelle et optimisée, montre l'impact positif potentiel de la reprogrammation intégrée des services de lignes existantes et met en évidence le potentiel d'un "système de bassin tyrrhénien" considéré dans son ensemble comme étant supérieur à celles des services individuels considérés collectivement.

Le présent rapport est structuré comme suit: le chapitre 1 illustre les principales caractéristiques du problème à l'examen; le chapitre 2 décrit les facteurs qui sous-tendent la conception du nouveau modèle de gouvernance ; le chapitre 3 décrit le modèle analytique développé pour la définition de la nouvelle structure du réseau ; le chapitre 4 présente le réseau Go Smart Med dans les deux configurations de gouvernance pré et post-nouvelle, et compare les effets en termes de qualité du service rendu à l'utilisateur. Enfin, le chapitre 5 examine certaines politiques possibles d'intégration tarifaire applicables dans le contexte de l'intervention.

1. LE CONTEXTE DE L'INTERVENTION ET LES LIMITES DU SYSTEME DE GESTION ACTUEL

Le transport maritime à courte distance (SSS) est l'un des principaux piliers des politiques des transports européennes. Son objectif principal est de réduire les embouteillages, de transférer les quotas de fret de la route vers la mer et de renforcer la cohésion économique et sociale entre les pays de la région. Le cœur de la stratégie européenne de promotion du SSS est constitué par les autoroutes de la mer, qui visent directement à transférer une part importante du trafic de fret de la route vers la mer afin de rééquilibrer le transfert modal entre les différents modes de transport.

En particulier, le transport ro-ro est l'une des principales options sur laquelle la politique européenne se concentre en vue du développement de transport intermodal et des autoroutes de la mer. Dans ce sens, il est important de souligner que le transport ro-ro offre deux avantages importants par rapport au transport routier:

1. coûts globaux plus compétitifs, en particulier pour le transport de fret non accompagné;
2. une réduction significative des coûts environnementaux et sociaux suite à l'atténuation de la congestion et à l'augmentation de la sécurité routière.

La zone tyrrhénienne, touchée par le projet Go Smart Med avec ses nombreux ports commerciaux et ses courtes distances de navigation, constitue le terrain idéal pour le développement des initiatives des SSS et des autoroutes maritimes. Cependant, si nous analysons plus en détail la situation existante, il apparaît que le cadre du transport de fret maritime dans la région est constitué par une multitude de compagnies maritimes qui opèrent principalement en l'absence de synergies et de stratégies de marché coordonnées. En fait, bien que le nombre de services de lignes actuellement en service puisse sembler significatif dans un premier temps, une analyse plus approfondie révèle que ces services ne présentent aucun élément distinctif pouvant être considéré comme un véritable "système de transport tyrrhénien". Dans la plupart des cas, les services semblent fragmentés et non intégrés, un grand nombre de liaisons se chevauchent car elles sont conçues et dimensionnées principalement sur la base de critères propres à l'entreprise, plutôt que de satisfaire la demande réelle. En outre, alors que sur différentes paires origine / destination (O/D), l'offre de services de transport maritime est surdimensionnée par rapport à la demande enregistrée, sur d'autres paires O/D, l'offre de service de transport est actuellement insuffisante ou inadéquate. La combinaison de ces éléments ne permet pas de se référer le système de transport tyrrhénien à "système maritime", mais plutôt à un ensemble non coordonné de services individuels. Le résultat final est un ensemble fragmenté de liaisons maritimes, ce qui favorise inévitablement l'utilisation du transport routier où la solution de remplacement est présente, principalement en raison du manque

de synergies et de politiques intégrées mises en œuvre par les régions de l'espace de coopération.

En particulier, le régime de concurrence entre les entreprises de transport maritime opérant dans la zone semble inapproprié pour tirer pleinement parti de son potentiel, alors qu'il est souhaitable de développer de nouvelles politiques de gestion intégrée qui peuvent favoriser la croissance d'un "système de bassin tyrrhénien" plus efficace et compétitif. En fait, bien qu'il soit maintenant largement reconnu que les politiques de gestion intégrée peuvent apporter des avantages significatifs pour accroître l'efficacité et la compétitivité globale (Fancello et al., 2014), l'adoption des stratégies de marché coordonnées semble encore loin d'être réalisée, principalement en raison de la réticence et de la résistance opposées par les opérateurs maritimes. En ce sens, le projet Go Smart Med vise à mettre en évidence les avantages potentiels d'une analyse intégrée et optimisée des services de transport maritime Ro-Ro opérant actuellement dans la région tyrrhénienne pour fournir une contribution utile aux décideurs, en vue de promouvoir des stratégies intégrées et visées à améliorer l'offre globale de transport dans la région. Les paramètres de fonctionnement du nouveau réseau intégré sont déterminés par une approche d'optimisation analytique basée sur l'intégration temporelle (moins temps de parcours total, y compris les temps d'attente dans le port pour la disponibilité du service) et les fréquences des services de ligne d'intérêt. L'objectif final de l'action est d'améliorer l'accessibilité maritime des régions de l'espace de coopération, en accordant une attention particulière aux territoires insulaires et périphériques.




Points forts

- Ensemble non coordonné de services de transport;
- Offre de transport surdimensionnée sur plusieurs paires O/D et inadéquate sur d'autres.
- Mauvaise intégration des territoires périphériques et insulaires.

2. Les DRIVERS de la nouvelle gouvernance

La définition du nouveau modèle de gouvernance proposée par Go Smart Med vise à répondre à la nécessité d'améliorer les services de transport essentiels au développement des régions insulaires et périphériques, par une reprogrammation intégrée des connexions existantes visant à accroître les performances de l'ensemble du réseau maritime tyrrhénien. Dans la région tyrrhénienne, 8 compagnies de navigation opèrent régulièrement entre les ports de l'espace de coopération (tableau 2.1).

Tab.2.1. Entreprises ro-ro opérant régulièrement dans la zone Go Smart.

Logo	Nom	Abréviations dans le document
	Blu Navy	Blu Navy
	Corsica Sardinia Ferries	CSF
	Corsica Linea – La Meridionale	CL – La Meridionale
	Grandi Navi Veloci	GNV
	Grimaldi Lines	Grimaldi
	Gruppo Grendi	Grendi
	Moby	Moby
	Tirrenia CIN	Tirrenia

Dans la configuration actuelle, les services exploités par ces entreprises, qui parfois se chevauchent fortement, sont dépourvus de toute coordination, ce qui contribue à déterminer l'inefficacité globale du réseau de transport. La présence même de nombreux services qui se chevauchent trouve actuellement ses raisons exclusivement dans le fort régime de concurrence et de compétence typique du marché libre, mais elle est difficile à justifier si elle est analysée du point de vue de la relation demande-offre des services, avec

de nombreux itinéraires caractérisés par une offre de services considérablement surdimensionnée par rapport aux besoins réels du marché.

A cet égard, le principe de base de Go Smart Med est qu'il soit possible d'améliorer l'offre de transport globale à travers un rééchelonnement intelligent et coordonné des connexions existantes, plus réactif aux flux effectifs de source-destination (O/D).

Les différents services de ligne opérant dans un réseau à courte distance peuvent généralement être divisés en deux catégories:

- Services directs: relie directement une origine à une destination;
- Services en connexion: ils impliquent le transfert vers une ou plusieurs destinations intermédiaires.

Etant connues les fréquences et les capacités des différents services opérationnels entre les différents ports de réseau considéré, l'objectif principal du processus d'optimisation à la base du nouveau modèle de gouvernance concerne la réorganisation temporelle de ces services au sein d'un programme hebdomadaire rationalisé capable de minimiser les temps moyens de trajet au sein du réseau mondial.

La **durée totale du trajet** inclut le temps passé en navigation, le temps consacré aux opérations portuaires et le temps d'attente au port pour la disponibilité du service. En ce qui concerne ce dernier aspect, d'un point de vue organisationnel, le temps d'attente du service peut être réduit de deux manières principales:

- mieux répartir les départs liés au même service au cours de la semaine, afin de réduire le temps d'attente moyen pour le service d'intérêt;
- mieux coordonner des arrivées et des départs des services connectés, afin de réduire le temps d'attente pour le service connecté, tout en garantissant le temps nécessaire pour la réalisation des opérations de chargement / déchargement. À cet égard, il convient de noter qu'un service arrivant à un port ne peut être connecté à un service partant du même port que s'il existe suffisamment de temps entre l'arrivée du premier et le départ du second pour achever les opérations portuaires nécessaires.

3. LE MODELE ANALYTIQUE POUR LA DEFINITION DE LA NOUVELLE STRUCTURE DU RESEAU

Le modèle d'optimisation utilisé pour définir la nouvelle structure du réseau détermine l'affectation des flux de demande sur le réseau de transport, en minimisant une fonction de coût généralisée qui prend en compte à la fois le temps et le débit de transport. La fonction objective est composée de la somme pondérée de deux objectifs différents, de la minimisation du temps de trajet sur le réseau et de la minimisation du tarif de transport, et cela permet leur évaluation hiérarchique. Les ensembles, les constantes, les variables et les équations du modèle analytique utilisé pour définir la nouvelle structure de gouvernance sont définis ci-dessous.

- S : ensemble de services directs;
- K : ensemble de combinaisons d'un ou de deux services reliant une origine à une destination (tous les deux services directs et services de connexion);
- L : ensemble de paires O / D ;
- D : ensemble de jours dans l'horizon de planification (hebdomadaire);

les constantes suivantes:

- compatibilité (l, k) égale à 1 si la paire O/D l peut être servie par la combinaison k (c'est-à-dire, si l'origine et la destination de k correspondent à l'origine et la destination de l), 0 sinon;
- t_s : temps de trajet du service s ;
- c_s : tarif d'expédition du service s ;
- ρ_s : heure de chargement / déchargement associée au port d'arrivée du service s ;
- $s1_k$: premier service de la combinaison k ;
- $s2_k$: deuxième service de la combinaison k (si k est composé d'un seul service, le deuxième service est considéré comme un service factice avec t, c et ρ égaux à 0);
- Q_{ld} : demande du paire O/D l le jour d ;
- $Cmax_l$: tarif maximal autorisé pour la paire O/D l ;
- τmax_l : durée écoulée maximale autorisée pour la paire O/D l ;
- ϵ : une très petite constante;
- M : une très grande constante;

Les variables suivantes;

- X_{kld} variables binaires prenant 1 si la paire O/D l est servie par la combinaison k le jour d , sinon 0;
- T_s : heure de départ du service s ;



- τ_{ld} : temps écoulé entre l'arrivée au port d'origine et l'arrivée au port de destination pour la paire O/D l le jour d ;
- C_{ld} : frais d'expédition pour la paire O/D l le jour d .

et enfin, les équations du modèle:

$$\min \alpha \sum_{l \in L} \sum_{d \in D} \tau_{ld} Q_{ld} + \beta \sum_{l \in L} \sum_{d \in D} C_{ld} Q_{ld} \quad (1)$$

$$\sum_{k \in K} X_{kld} = 1 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (2)$$

compatibility(l,k)=1

$$X_{kld} \leq 1 - \varepsilon (T_{s1(k)} + t_{s1(k)} + \rho_{s1(k)} - T_{s2(k)}) \quad \forall k \in K \quad \forall d \in D \quad (3)$$

$$T_{s1(k)} \geq 24(d-1) + 8 - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (4)$$

$$\tau_{ld} \geq -24(d-1) - 8 + T_{s2(k)} + t_{s2(k)} + \rho_{s2(k)} - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K | s2(k) \neq 0 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (5)$$

$$\tau_{ld} \geq -24(d-1) - 18 + T_{s2(k)} + t_{s2(k)} + \rho_{s2(k)} - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K | s2(k) = 0 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (6)$$

$$C_{ld} \geq (c_{s1(k)} + c_{s2(k)} X_{kld}) \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (7)$$

$$X_{kld} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (8)$$

$$C_{ld} \leq C_{max_l} \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (9)$$

$$\tau_{ld} \leq \tau_{max_l} \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (10)$$

La fonction objective indiquée en (1) est une combinaison linéaire des temps et des tarifs de transport, pondérée par la demande de chaque paire O/D. En fixant correctement les coefficients α et β , il est possible de transformer la fonction objective en une fonction hiérarchique dans laquelle, lors de la comparaison de deux solutions, le deuxième objectif n'est pris en compte que lorsque la valeur du premier objectif est la même pour les deux solutions. En d'autres termes, si une solution Z a une meilleure valeur que le premier objectif par rapport à la solution Z' , Z sera globalement préférable à Z' , quelle que soit la valeur prise en charge par le second objectif. Les contraintes (2) imposent que chaque jour, chaque paire O/D soit associée à une combinaison compatible. Les contraintes (3) impliquent qu'une paire O/D peut être affectée à une combinaison si et seulement si les marchandises associées sont disponibles sur le port d'origine avant le premier service des

combinaisons de la journée. Le temps total entre l'arrivée au port d'origine et l'arrivée au port de destination est calculé à l'aide des contraintes (5) pour les combinaisons de deux services et des contraintes (6) pour les combinaisons constituées d'un seul service. Le tarif total du transport pour chaque paire O/D de chaque jour est calculé à l'aide de la contrainte (7), tandis que le domaine des variables est spécifié dans (8). Enfin, les contraintes (9) et (10) ne sont pas obligatoires mais permettent d'exclure des solutions extrêmes dans lesquelles, par exemple, la durée du trajet est très basse et le tarif est très élevé, et inversement. Il est supposé que les marchandises à charger le jour d sont disponibles dans le port d'origine au plus tôt à 18 heures; la prise des diverses hypothèses implique le changement d'indication du temps dans la contrainte (6).

4. LE RESEAU Go Smart Med

Le présent chapitre définit la nouvelle configuration optimisée pour le réseau Go Smart Med comprenant les quatre ports principaux de Gênes, Livourne, Cagliari et Palerme et les deux ports complets de Toulon et Bastia.

Le chapitre est structuré en trois sections. La première section illustre et décrit le réseau analysé, en le caractérisant en termes d'offre et de demande du service actuel et en définissant le budget global obtenu comme un dérivé qui résolve le réseau à l'aide du modèle d'optimisation présenté au chapitre 3. La deuxième section illustre plutôt la nouvelle structure optimisée du réseau et dérivée de l'application du modèle analytique; enfin, la troisième section compare la balance globale de la nouvelle structure du réseau par rapport à la configuration actuelle.

4.1 La caractérisation de réseau actuel

Le tableau 4.1 illustre la demande hebdomadaire moyenne, en termes de nombre d'unité ro-ro, relative aux diverses paires O/D appartenant au réseau Go Smart Med à six ports. La donnée de la demande hebdomadaire est dérivée du mois le plus chargé et enregistré en 2016. Les relations du trafic les plus fortes sont la Bastia/Marseille/Bastia, la Ajaccio/Marseille/Ajaccio, la Gênes/Palerme/Gênes, la Olbia/Livourne/Olbia, la Cagliari/Livourne/Cagliari et la Palerme/Livourne/Palerme. Les couples O/D à demande nulle sont plutôt ceux pour lesquels il n'existe actuellement aucun service de transport direct ou combiné, mais qui offrent un potentiel de croissance élevé suite à l'amélioration de l'intégration des options de transport disponibles.

Tab.4.1. La demande de transport hebdomadaire (année 2016).

DOMANDE O / D (n. unités ro-ro/semaine)	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	13	224	0	196	0
Gênes	19	-	0	357	0	867
Toulon	251	0	-	0	0	0
Cagliari	0	426	0	-	849	150
Livourne	177	0	0	843	-	643
Palerme	0	791	0	246	676	-

Les tableaux 4.2 et 4.3 montrent l'offre de transport hebdomadaire pour les différents couples O/D respectivement en termes de fréquences hebdomadaires sur les différents itinéraires distincts pour la société fournissant le service, et la capacité globale en termes de nombre d'unité fournies ro-ro transportable chaque semaine.



Tab.4.2. L'offre de transport hebdomadaire – Entreprises et fréquences des services.

	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	Moby (1)	CSF (7)		Moby (3) CSF (7)	
Gênes	Moby (1)	-		Grimaldi-voie Livorno (2) Tirrenia- voie Livorno (3)		GNV (6) Grimaldi- voie Salerno (4)
Toulon	CSF (7)		-			
Cagliari		Grimaldi- voie Salerno (2) Tirrenia- voie Livorno (3)		-	Grimaldi (3) Tirrenia (5)	Grimaldi- voie Salerno (3) Tirrenia (1)
Livourne	Moby (3) CSF (7)			Grimaldi (3) Tirrenia (5)	-	Grimaldi (3)
Palerme		GNV (6) Grimaldi- voie Salerno(4)		Grimaldi- voie Salerno (3) Tirrenia (1)	Grimaldi (3)	-

Tab.4.3. L'offre de transport hebdomadaire – la capacité des services.

Capacité hebdomadaire (n. unités ro-ro)	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	28	315	0	282	0
Gênes	28	-	0	1018	0	1684
Toulon	315	0	-	0	0	0
Cagliari	0	1018	0	-	1607	475
Livourne	282	0	0	1607	-	681
Palerme	0	1684	0	475	681	-

Les données illustrées dans les tableaux précédents mettent en relief un surplus évident d'offre, en particulier sur les liaisons caractérisées par un chevauchement important des services concurrents, avec une capacité résiduelle moyenne du réseau étant estimée à 39%. Le tableau 4.4 montre le surplus hebdomadaire détaillé de l'offre pour les différents couples O/D. Ce surplus d'offre peut permettre, s'il est convenablement réorganisé, d'acquérir de nouveaux quotas de trafic sur celles directions actuellement sous-utilisées en raison de la non-disponibilité du service de transport existant.

Le tableau 4.5 montre plutôt les valeurs de capacité réduite qui dériveraient en opérant une réduction des fréquences des connexions actives en chevauchement sur le réseau. Les valeurs en italiques sont celles pour lesquelles une réduction du nombre de fréquences hebdomadaires a été supposée en fonction d'une meilleure correspondance avec la question enregistrée. La réduction théorique a été opérée seulement sur les fréquences des services de fret cargo ro-ro, les fréquences des services ro-pax restant inchangées. Ce scénario hypothétique prévoit la transition de 96 (Tab. 4.2) à 80 départs hebdomadaires, avec une diminution conséquente de la capacité globale du réseau égale à 16,7%.

Tab.4.4. Surplus de capacité hebdomadaire dans la structure actuelle (n. unités ro-ro).

Capacità SETTIMANALE (n. unités ro-ro)	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	15	91	0	86	0
Gênes	9	-	0	661	0	817
Toulon	64	0	-	0	0	0
Cagliari	0	592	0	-	758	325
Livourne	105	0	0	764	-	38
Palerme	0	893	0	229	5	-

Tab.4.5. Capacité hebdomadaire du réseau avec réduction des connexions qui se chevauchent (n. unités ro-ro).

Capacità settimanale ridotta (n. unités ro-ro)	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	28	315	0	282	0
Gênes	28	-	0	634	0	1112
Toulon	315	0	-	0	0	0
Cagliari	0	634	0	-	1000	341
Livourne	282	0	0	1000	-	681
Palerme	0	1112	0	341	681	-

Bien que ce scénario hypothétique ne constitue pas un objet direct de la gouvernance de Go Smart Med, il en sera de même aux fins de l'évaluation financière du réseau dans le cadre des évaluations de la faisabilité du système.

4.1.1 Le bilan de réseau actuel.

Cette section définit le bilan hebdomadaire de réseau actuel en termes de temps moyens de transport sur les différentes paires O/D et sur le réseau dans son ensemble, et découle également de l'application du modèle d'optimisation analytique illustré au chapitre 3. Le tableau 4.6 illustre le programme horaire hebdomadaire, caractérisant le réseau actuel, sur la base duquel le modèle définit l'allocation optimale des flux sur le réseau.



Tab.4.6. L'offre de transport hebdomadaire – le programme horaire des services.

Entreprise	Port O	Port D	Type	PROGRAMME HORAIRE HEBDOMADAIRE						
				lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
Grands navires rapides	Palerme	Gênes	mixte	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:59	-
	Gênes	Palerme		23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	-
Grimaldi Lines	Palerme	Livourne	mixte	-	23:30	-	-	01:00	-	01:30
	Livourne	Palerme		23:30	-	-	01:00	-	01:30	-
	Cagliari	Palerme (voie Salerno)	cargo	17:00	-	15:00	-	23:59	-	-
	Palerme	Cagliari (voie Salerno)		19:00	-	13:00	-	10:00	-	-
	Cagliari	Gênes (voie Salerno)	cargo	17:00	-	-	-	23:59	-	-
	Gênes (voie Livourne)	Cagliari		20:00	-	21:00	-	-	-	-
	Palerme - (Salerno)	Gênes	cargo	19:00	-	13:00	-	13:00 (diretto)	18:30	-
	Gênes - (Salerno)	Palerme		22:00	-	22:00	-	03:00	20:00	-
	Cagliari	Livourne	cargo	23:59	-	23:59	-	23:59	-	-
	Livourne	Cagliari		-	23:59	-	23:59	-	23:59	-
Tirrenia	Cagliari	Palerme	mixte	-	-	-	-	19:30	-	-
	Palerme	Cagliari		-	-	-	-	-	19:30	-
	Cagliari	Livourne	cargo	20:00	20:00	20:00	-	20:00	-	20:00
	Livourne	Cagliari		20:00	20:00	-	20:00	-	20:00	20:00
	Cagliari (voie Livourne)	Gênes	cargo	20:00	-	20:00	-	20:00	-	-
	Gênes (voie Livourne)	Cagliari		21:00	-	21:00	-	23:59	-	-
Moby	Bastia	Gênes	mixte	-	-	-	-	-	-	21:00
	Gênes	Bastia		-	-	-	-	21:00	-	-
	Bastia	Livourne	mixte	14:00	-	14:00	-	-	14:00	-
	Livourne	Bastia		08:30	-	08:30	-	-	08:30	-
CSF	Bastia	Livourne	mixte	13:30	08:30	08:30	13:30	14:00	08:15	16:15
	Livourne	Bastia		08:00	14:00	14:00	08:00	14:00	14:00	10:45
	Bastia	Toulon	mixte	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	20:00	21:00
	Toulon	Bastia		20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	23:00

Les tableaux 4.7 et 4.8 illustrent, dans la configuration actuelle, respectivement les temps moyens d'attente pour le premier embarquement utile et les temps de transport le long des différentes paires O/D, distingués selon le jour d'arrivée des marchandises au port. Il est supposé que les marchandises sont disponibles pour l'embarquement à partir de 18:00 le jour de l'arrivée au port. Le temps d'attente est calculé comme le temps écoulé à partir du moment où les marchandises arrivent par voie terrestre dans le port d'origine jusqu'au moment où les opérations d'embarquement liées au premier départ utile vers le port de destination d'intérêt sont terminées. Le temps de transport est le temps qui s'écoule du moment où les marchandises arrivent par voie terrestre au port d'origine jusqu'au moment où leurs opérations de débarquement sont terminées au port de destination, ce qui inclut le temps d'attente pour le service, le temps d'embarquement, le temps passé en navigation et le temps de débarquement. Les valeurs de temps indiquées dans les deux tableaux sont des valeurs moyennes pondérées qui prennent en compte, dans le calcul, le nombre d'unités ro-ro effectivement chargées sur le transporteur d'intérêt en fonction de l'heure de départ et des limites de capacité spécifiques. Les valeurs en italique se réfèrent aux connexions O/D pour lesquelles il n'existe actuellement ni service direct ni service en connexion intégrée. Les temps d'attente relatifs pour ces connexions sont calculés en tenant compte de la première connexion utile entre les différents services combinables et disponibles au jour le jour. L'évaluation comprend le temps nécessaire pour le déroulement des opérations de transbordement d'un navire à un autre.



Tab.4.7. le bilan hebdomadaire de réseau actuel – Le temps moyen d’attente (h).

ROUTE O/D	TEMPS MOYEN D’ATTENTE (h)							Temps moyen hebdomadaire de la paire O/D (h)
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche	
Bastia- Gênes	147	123	99	75	51	27	3	75,0
Bastia-Toulon	5,3	3	3	3	3	27	12,7	8,1
<i>Bastia-Cagliari</i>	22	48	70	46	24	46	17	39
Bastia-Livourne	15,4	14,9	20,4	21,3	14,7	23	19,5	18,5
<i>Bastia-Palermo</i>	25,5	27	75,5	51,5	27,5	73,5	19	42,8
Gênes -Bastia	99	75	51	27	9	147	123	75,0
Gênes -Toulon	112	88	64	40	16	160	136	88
Gênes -Cagliari	3	27	3	30	6	50	26	20,7
Gênes -Palermo	4,2	11,3	5,4	6,1	10,8	17,9	28,2	12,0
Toulon-Bastia	26	26	26	26	26	29	20,7	25,7
<i>Tolone- Gênes</i>	137	113	89	65	41	185	161	113
<i>Toulon-Cagliari</i>	60	84	60	40	60	108	84	70,9
<i>Toulon-Livourne</i>	34	33,5	34	34	36,3	52,5	28,5	36,1
<i>Toulon-Palermo</i>	41	89,5	65,5	41,5	87,5	32	8	52,1
<i>Cagliari-Bastia</i>	25	40,8	19,5	45,8	21,8	43,5	49	35,0
Cagliari- Gênes	50	26	50	26	6	47,6	23,6	32,7
<i>Cagliari-Toulon</i>	52	51,7	28	52	28	52	76	48,5
Cagliari-Livourne	6	26	6	26	6	26	26	17,4
Cagliari-Palermo	45	21	49,5	25,5	6	47	23	31,0
Livourne-Bastia	14,5	20	14	14,5	20	16,7	14,1	16,3
<i>Livourne-Toulon</i>	35	47	23	34,5	47	23	23	33,2
Livourne-Cagliari	26	6	26	6	26	6	26	17,4
Livourne-Palermo	31,2	31	7	55,5	31,5	44,8	53,5	36,4
<i>Palermo-Bastia</i>	43	19	49	25	42,5	18,5	67	37,7
Palermo- Gênes	9,9	10,7	9,9	10,7	8,9	14,7	25	12,8
<i>Palermo-Toulon</i>	52	28	76	42	51,5	27,5	76	51,9
Palermo-Cagliari	43	19	40	16	25,5	49	25	31,1
Palermo-Livourne	29,5	38,2	31	22,5	31,5	7,5	53,5	30,5

**Tab.4.8. Le bilan hebdomadaire de réseau actuel à 6 ports - Le temps moyen de transport (h).**

ROUTE O/D	Temps moyen de transport (h)							Temps moyen hebdomadaire de la paire O/D (h)
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche	
Bastia- Gênes	160	136	112	88	64	40	16	88
Bastia-Toulon	14,6	16	16	16	16	40	18	19,5
<i>Bastia-Cagliari</i>	48	83	96	72	50	72	67	69,7
Bastia-Livourne	22,4	21,9	27,4	28,3	21,7	30	26,5	25,4
<i>Bastia-Palermo</i>	50,5	53	101,7	77,7	53,7	98,5	51,5	69,5
Gênes –Bastia	112	88	64	40	16	160	136	88
Gênes –Toulon	135	111	87	63	39	183	159	111
Gênes –Cagliari	43,0	68,8	44,8	70,0	46,0	100,0	76,0	55,1
Gênes –Palermo	36,7	37,2	46,8	32,3	36,8	43,8	60,7	42,0
Toulon-Bastia	39	39	39	39	39	42	33,8	36,7
<i>Toulon- Gênes</i>	160	136	112	88	64	208	184	136
<i>Toulon-Cagliari</i>	96	120	96	76	96	144	120	106,9
<i>Toulon-Livourne</i>	51	50,5	51	51	53,3	69,5	45,5	53,1
<i>Toulon-Palermo</i>	77	126,7	101,7	77,7	122,5	87	63	93,5
<i>Cagliari-Bastia</i>	51	78,8	45,5	71,8	47,8	69,5	75	62,8
Cagliari- Gênes	90	66	90	66	64	96,4	72,4	77,8
<i>Cagliari-Toulon</i>	88	95,7	64	88	64	88	112	85,7
Cagliari-Livourne	28	48	28	48	28	48	48	39,4
Cagliari-Palermo	87	63	65,5	41,5	61,5	87	63	66,9
Livourne-Bastia	21,5	27	21	21,5	17	23,8	21,1	23,2
<i>Livourne-Toulon</i>	52	64	40	51,5	64	40	40	50,2
Livourne-Cagliari	48	28	48	28	48	28	48	39,4
Livourne-Palermo	52,2	53	29	77,7	53,7	66,3	74,5	58
<i>Palermo-Bastia</i>	69	45	75	51	69	45	93	93,9
Palermo- Gênes	32,4	38,3	32,4	35	34,9	41,6	74	41,4
<i>Palermo-Toulon</i>	88	64	112	88	88	64	112	88
Palermo-Cagliari	90	66	98	74	41,5	90	66	75,1
Palermo-Livourne	51,5	60,2	53	44,7	54	30	75,5	52,7

4.2 Le réseau optimisé Go Smart Med

Le tableau 4.9 illustre le programme d’horaire hebdomadaire optimisé, dérivé de l’utilisation du modèle analytique décrit au chapitre 3. Le nouveau programme horaire hebdomadaire détermine globalement la minimisation des temps d’attente et de transport le long du réseau analysé et permet également d’améliorer les services en connexion, non intégrés

aujourd'hui, en encourageant la coordination temporelle des arrivées et des départs dans les nœuds de ports d'échange.

Tab.4.9. L'offre de transport hebdomadaire – Le programme d'horaire optimisé des services.

Entreprise	Port O	Port D	Type	PROGRAMME HORAIRE HEBDOMADAIRE						
				lun	mar	mer	jeu	ven	sam	dim
Grands navires rapides	Palerme	Gênes	mixte	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	-	21:00
	Gênes	Palerme		23:00	23:00	22:00	23:00	21:00	-	21:00
Grimaldi Lines	Palerme	Livourne	Mixte	-	23:30	-	-	01:00	-	01:30
	Livourne	Palerme		23:00	-	23:59	-	23:00	-	-
	Cagliari	Palerme (voie Salerno)	Cargo	21:00	-	21:00	21:00	-	-	-
	Palerme	Cagliari (voie Salerno)		21:00	-	21:00	-	21:00	-	-
	Cagliari	Gênes (voie Salerno)	cargo	21:00	-	-	21:00	-	-	-
	Gênes (voie Livorno)	Cagliari		21:00	-	21:00	-	-	-	-
	Palerme - (Salerno)	Gênes	cargo	21:00	-	21:00	-	21:00	21:00	-
	Gênes - (Salerno)	Palerme		21:00	21:00	-	21:00	-	21:00	-
	Cagliari	Livourne	cargo	-	01:00	-	21:00	-	22:00	-
	Livourne	Cagliari		-	21:00	21:00	-	-	24:00	-
Tirrenia	Cagliari	Palerme	mixte	-	-	-	-	21:00	-	-
	Palerme	Cagliari		-	-	-	-	-	21:00	-
	Cagliari	Livourne	cargo	21:00	21:00	21:00	-	21:00	-	21:00
	Livourne	Cagliari		23:00	-	23:00	23:00	23:00	-	23:00
	Cagliari (voie Livourne)	Gênes	cargo	-	21:00	21:00	-	-	21:00	-
	Gênes (voie Livourne)	Cagliari		-	21:00	-	21:00	-	21:00	-
Moby	Bastia	Gênes	mixte	-	21:00	-	-	-	-	-
	Gênes	Bastia		-	-	-	-	21:00	-	-
	Bastia	Livourne	mixte	08:00	-	13:00	-	-	14:00	-
	Livourne	Bastia		07:30	-	23:00	-	08:00	-	-
CSF	Bastia	Livourne	mixte	13:00	23:00	08:30	13:00	13:00	23:59	13:00
	Livourne	Bastia		23:59	23:00	08:00	06:30	23:00	08:00	07:00
	Bastia	Toulon	mixte	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00
	Toulon	Bastia		21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00

Les tableaux 4.10 et 4.11 illustrent, pour la configuration optimisée, respectivement les temps d'attente moyens pour le premier embarquement utile et les temps de transport le long des différentes paires O/D, distingués selon le jour d'arrivée des marchandises au port. Il est supposé que les marchandises sont disponibles pour l'embarquement à partir de 18:00



le jour de l'arrivée au port. Comme dans le cas précédent, les valeurs de temps indiquées dans les deux tableaux sont des valeurs moyennes pondérées qui prennent en compte dans le calcul le nombre d'unités ro-ro effectivement chargées sur le support d'intérêt en fonction du temps de départ et des limites de capacité spécifiques. Les valeurs en italique se réfèrent aux connexions O/D pour lesquelles il n'existe actuellement ni service direct ni service en connexion intégrée. Les temps d'attente relatifs pour ces connexions sont calculés en tenant compte de la première connexion utile entre les différents services combinables disponibles au jour le jour. L'évaluation comprend le temps nécessaire pour le déroulement des opérations de transbordement d'un navire à un autre.

Tab.4.10. Le bilan hebdomadaire de réseau actuel à 6 ports - Les temps moyens d'attente (h).

ROUTE O/D	Temps moyens d'attente (h) distingué par jour de la semaine							Temp moyen hebdomadaire (h)
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche	
Bastia- Gênes	27	3	147	123	99	75	51	75
Bastia-Toulon	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Bastia-Cagliari</i>	<i>42,5</i>	<i>18,5</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>22</i>	<i>25</i>	<i>26,3</i>
Bastia-Livourne	29,3	14,8	19,9	20,8	20,7	6,9	14	18,1
<i>Bastia-Palermo</i>	<i>44,5</i>	<i>20,5</i>	<i>49</i>	<i>25</i>	<i>73</i>	<i>46</i>	<i>25</i>	<i>40,4</i>
Gênes –Bastia	99	75	51	27	3	147	123	75
<i>Gênes –Toulon</i>	<i>113</i>	<i>89</i>	<i>65</i>	<i>41</i>	<i>17</i>	<i>161</i>	<i>137</i>	<i>89</i>
Gênes –Cagliari	3	3	3	3	27	3	27	9,9
Gênes –Palermo	3,4	3,4	10,3	3,4	9,6	3	9,6	6,1
Toulon-Bastia	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Toulon- Gênes</i>	<i>17</i>	<i>161</i>	<i>137</i>	<i>113</i>	<i>89</i>	<i>65</i>	<i>41</i>	<i>89</i>
<i>Toulon-Cagliari</i>	<i>34</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>17,9</i>
<i>Toulon-Livourne</i>	<i>19</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>10,6</i>
<i>Toulon-Palermo</i>	<i>38</i>	<i>14</i>	<i>39</i>	<i>15</i>	<i>63</i>	<i>39</i>	<i>15</i>	<i>31,9</i>
<i>Cagliari-Bastia</i>	<i>19</i>	<i>17,5</i>	<i>16,5</i>	<i>19</i>	<i>18</i>	<i>18,5</i>	<i>11</i>	<i>17,1</i>
Cagliari- Gênes	3	3	3	3	27	3	27	9,9
<i>Cagliari-Toulon</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>25</i>	<i>27,6</i>
Cagliari-Livourne	3,8	3	3	3	3	4	3	3,3
Cagliari-Palermo	3	3	3	3	3	51	27	13,3
Livourne-Bastia	6	6,8	6,5	14	6,8	13	13,5	9,5
<i>Livourne-Toulon</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>21,7</i>
Livourne-Cagliari	5	3	3,4	5	5	6	5	4,6
Livourne- Palermo	31,1	30	25,8	29	5	53	29	29
<i>Palermo-Bastia</i>	<i>41,5</i>	<i>17,5</i>	<i>19</i>	<i>19</i>	<i>42</i>	<i>18</i>	<i>65,5</i>	<i>31,8</i>
Palermo- Gênes	4,6	9,9	4,2	9,9	4,2	3	7,9	6,2
<i>Palermo-Toulon</i>	<i>52</i>	<i>28</i>	<i>33</i>	<i>28</i>	<i>51,5</i>	<i>27,5</i>	<i>76</i>	<i>42,3</i>
Palermo-Cagliari	3	27	3	27	3	3	27	13,3
Palermo- Livourne	29,5	38,2	31	22,5	31,5	7,5	53,5	30,5



Tab.4.11. Le bilan hebdomadaire du réseau optimisé – Les temps moyens de transport (h).

ROUTE O/D	Temps moyens de transport (h) distingué par jour de la semaine							Temp moyen hebdomadaire (h)
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche	
Bastia- Gênes	40	16	160	136	112	88	64	88
Bastia-Toulon	16	16	16	16	16	16	16	16
<i>Bastia-Cagliari</i>	<i>87</i>	<i>63</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>58</i>
Bastia-Livourne	36,3	21,8	26,9	27,8	27,7	13,9	21	25,1
<i>Bastia-Palermo</i>	<i>74,8</i>	<i>50,8</i>	<i>75,2</i>	<i>51,2</i>	<i>99,2</i>	<i>75,2</i>	<i>50</i>	<i>68</i>
Gênes-Bastia	112	88	64	40	16	160	136	88
Gênes-Toulon	136	112	88	64	40	184	160	112
Gênes-Cagliari	53	43	52	43	67	43	77	49,3
Gênes-Palermo	35,9	35,9	36,5	36,7	35,6	38,5	35,5	36,4
Toulon-Bastia	16	16	16	16	16	16	16	16
<i>Toulon-Gênes</i>	<i>34</i>	<i>178</i>	<i>154</i>	<i>130</i>	<i>106</i>	<i>88</i>	<i>58</i>	<i>106,9</i>
<i>Toulon-Cagliari</i>	<i>73</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>54,3</i>
<i>Toulon-Livourne</i>	<i>39</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>28</i>
<i>Toulon-Palermo</i>	<i>74,5</i>	<i>50,5</i>	<i>75,2</i>	<i>51,2</i>	<i>99,2</i>	<i>74</i>	<i>50</i>	<i>67,8</i>
<i>Cagliari-Bastia</i>	<i>45</i>	<i>43,5</i>	<i>54,5</i>	<i>45</i>	<i>44</i>	<i>44,5</i>	<i>40</i>	<i>45,2</i>
Cagliari- Gênes	54	43	43	61	67	43	78	55,6
<i>Cagliari-Toulon</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>76</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>65,7</i>
Cagliari-Livourne	25,8	25	25	25	25	26	25	25,3
Cagliari-Palermo	43	45	45	58,5	19	91	67	52,6
Livourne-Bastia	13	13,8	13,5	21	13,8	20	20,5	16,5
<i>Livourne-Toulon</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>
Livourne-Cagliari	27	25	25,4	27	27	28	27	26,6
Livourne-Palermo	52,6	52	54,8	51,2	27,2	74	50	51,7
<i>Palermo-Bastia</i>	<i>67,5</i>	<i>43,5</i>	<i>64</i>	<i>45</i>	<i>68,5</i>	<i>44,5</i>	<i>91,5</i>	<i>60,6</i>
Palermo- Gênes	32,5	32,4	31,8	32,4	28,5	42,5	35,8	33,7
<i>Palermo-Toulon</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>112</i>	<i>81,1</i>
Palermo-Cagliari	44	74	50	85	61	19	68	57,3
Palermo-Livourne	51,5	60,2	43	44,7	54	30	75,5	52,7

4.3 La comparaison entre les deux structure du réseau

Ce paragraphe compare les deux structures du réseau pré et post-gouvernance. Les tableaux 4.12 et 4.13 illustrent respectivement le bilan final des deux réseaux en termes de temps d'attente moyen pour les différents couples O/D dans les deux structures pré et post-gouvernance. Le tableau 4.14 montre plutôt la variation moyenne en pourcentage du temps d'attente pour les différentes paires O/D lors de la transition de réseau actuel vers le réseau



optimisé. Globalement, la nouvelle organisation du service permettrait de réduire le temps moyen d'attente sur le réseau de 32,7%.

Tab.4.12. Structure de pré-gouvernance: temps d'attente moyen (h).

[h]	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	75.00	8.09	39.00	18.45	42.79
Gênes	75.00	-	88.00	20.71	-	11.97
Toulon	25.68	113.00	-	70.86	36.11	52.14
Cagliari	35.04	32.74	48.57	-	17.43	31.00
Livourne	16.26	-	33.21	17.43	-	36.35
Palerme	37.71	12.84	51.86	31.07	30.52	-

Tab.4.13. Structure post-gouvernance: temps d'attente moyen (h).

[h]	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	75.00	3.00	26.29	18.06	40.43
Gênes	75.00	-	89.00	9.86	-	6.10
Toulon	3.00	89.00	-	17.86	10.57	31.86
Cagliari	17.07	9.86	27.57	-	3.26	13.29
Livourne	9.51	-	21.71	4.63	-	28.98
Palerme	31.79	6.23	42.29	13.29	30.52	-

Tab.4.14. Variation % temps d'attente.

VAR %	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	0.0%	-88.0%	-32.6%	-2.1%	2.5%
Gênes	0.0%	-	1.1%	-52.4%	-	-49.1%
Toulon	-88.3%	-21.2%	-	-74.8%	-70.7%	-38.9%
Cagliari	-51.3%	-69.9%	-43.2%	-	-81.3%	-57.1%
Livourne	-41.5%	-	-34.6%	-73.4%	-	-20.3%
Palerme	-15.7%	-51.5%	-18.5%	-57.2%	0.0%	-
				Valeur moyenne du réseau		-32.7%

Par analogie des tableaux ci-dessus, les tableaux 4.15 et 4.16 illustrent respectivement le bilan final des deux réseaux en termes de temps de voyage moyen pour les différents couples O/D dans les deux structures pré et post gouvernance. Le tableau 4.17 indique la variation moyenne en pourcentage du temps de voyage des différentes paires O/D lors de la transition de réseau actuel vers le réseau optimisé. Globalement, la nouvelle organisation du service permettrait de réduire de 18,7% le temps moyen de voyage sur le réseau.

**Tab.4.15. Structure de pré-gouvernance: temps moyen de voyage (h).**

[h]	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	88.00	19.50	69.71	25.45	69.49
Gênes	88.00	-	111.00	55.11	-	42.05
Toulon	38.68	136.00	-	106.86	53.11	93.49
Cagliari	62.75	77.83	85.67	-	39.43	66.93
Livourne	23.26	-	50.21	39.43	-	58.05
Palerme	63.86	41.38	88.00	75.07	52.69	-

Tab.4.16. Structure post-gouvernance: temps moyen de voyage (h).

[h]	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	88.00	16.00	58.00	25.06	68.01
Gênes	88.00	-	112.00	49.33	-	36.38
Toulon	16.00	106.86	-	54.29	28.00	67.78
Cagliari	45.21	55.57	65.71	-	25.26	52.64
Livourne	16.51	-	40.00	26.63	-	51.67
Palermo	60.64	33.69	81.14	57.29	52.69	-

Tab.4.17. Variation % temps de voyage.

VAR %	Bastia	Gênes	Toulon	Cagliari	Livourne	Palerme
Bastia	-	0.0%	-18.0%	-16.8%	-1.5%	2.8%
Gênes	0.0%	-	0.9%	-10.5%	-	-13.5%
Toulon	-58.6%	-21.4%	-	-49.2%	-47.3%	-27.5%
Cagliari	-27.9%	-28.6%	-23.3%	-	-35.9%	-21.3%
Livourne	-29.0%	-	-20.3%	-32.5%	-	-11.0%
Palerme	-5.0%	-18.6%	-7.8%	-23.7%	0.0%	-
Valeur moyenne du réseau						-18.7%

En observant les données reportées dans les tableaux précédents, il apparaît clairement le potentiel bénéfique mondial qui pourrait résulter d'une réorganisation systémique des services maritimes de transport opérant actuellement dans la région. L'avantage potentiel de la nouvelle structure de gouvernance est encore plus élevé si l'on considère le bénéfice en termes d'attractivité augmenté de service qu'une réorganisation intégrée du réseau pourrait produire au profit de ces lignes en connexion, aujourd'hui dépourvues de toute coordination et non utilisées en raison de l'insuffisance du service offert et dont l'utilisation future pourrait conduire à un rééquilibrage positif par rapport à la relation demande/offre actuelle.

En effet, les analyses réalisées confirment comme dans la gouvernance du système de transport tyrrhénien, le passage d'un modèle économique à un modèle de bassin territorial résulte une évolution nécessaire pour l'amélioration de l'offre globale faite aux utilisateurs et le dépassement des inefficacités qui caractérisent le système actuel.

5. LES ADRESSES POUR L'INTERGRATION TARIFIERE

L'intégration tarifaire a pour but de permettre un tarif unique qui, pour cette étude, envisage la possibilité d'atteindre le port de destination avec un ticket unique sans limitation. De cette manière, l'utilisateur est autorisé à voyager sur l'ensemble du réseau de transport dans la zone intégrée selon ses besoins et ses nécessités. Cette méthodologie conduit à une accessibilité maximale au système. L'objectif est d'avoir un seul billet pour tous les voyages et non beaucoup de billets pour de nombreux voyages.

Un exemple d'intégration entre les sociétés de gestion (concessionnaires) est le système "fermé" de péage présent sur les autoroutes italiennes. Cela est une méthode utile qui permet au conducteur du véhicule, qui n'est pas équipé du système de paiement électronique Telepass, de retirer un ticket spécial à l'entrée de l'autoroute et de payer le montant dû à la sortie. Si, en revanche, le conducteur est équipé du système Telepass, les deux procédures sont complètement automatiques et il n'est pas nécessaire de s'arrêter aux portails de détection électroniques situés aux entrées et sorties des autoroutes soumises au paiement du péage. Le montant est directement proportionnel à la distance parcourue par le véhicule, au coefficient de sa classe et à un coefficient variable de l'autoroute à l'autoroute, le taux kilométrique. Cette méthodologie peut donc être conçue pour les autoroutes de la mer (AdM) dans le but de réduire les temps d'embarquement et de débarquement des navires ro-ro et ro-pax et d'améliorer l'accessibilité des terminaux portuaires.

Un aspect pas moins important est lié à la géographie de l'Europe, qui a une longue Ligne côtière et une mer fermée, comme la Méditerranée, le Tyrrhénien, l'Adriatique et la mer Baltique, où l'alternative aux autoroutes de la mer dans de nombreux cas est plus favorable que le transport routier. Dans l'optique de développement écologique, les embouteillages du réseau routier sont limités, ce qui présente des avantages en termes de prévention des accidents et de réduction de la pollution atmosphérique, acoustique et produite par les transports routiers.

Dans le cadre européen général, l'idéal est un système de marchés ouverts et concurrentiels et de favoriser l'interconnexion et l'interopérabilité des réseaux nationaux, avec accès à ces réseaux, avec des interventions basées sur la définition de normes communes pour la suppression des barrières techniques. Dans la plupart des cas, actuellement, l'alternative intermodale n'est pas du tout compétitive par rapport à l'ensemble de la route, sauf dans les cas obligatoires, par exemple la connexion avec les îles de la péninsule et inversement. Voici un exemple d'étude où tous les scénarios prévoient l'introduction d'un écobonus égal à 25% du ticket. Cela entraîne une réduction du prix des billets pour les itinéraires AdM. L'écobonus est une incitation offerte par le gouvernement italien aux transporteurs routiers, qui s'élève de 20 à 30% du prix du billet, au cas où ils utilisent les itinéraires d'AdM un nombre élevé de fois par an. Outre l'introduction de l'écobonus, il est également nécessaire d'améliorer trois aspects importants: adapter l'accessibilité ferroviaire et routière aux ports; implémenter une

meilleure culture organisationnelle tant de la part des entreprises d'expéditions que des autorités portuaires et améliorer les performances des autoroutes de la mer en termes de: ponctualité, flexibilité, disponibilité, fréquence et rapidité des services. En Italie, le développement de l'AdM est difficile car la majorité du transport de marchandises concerne de courtes distances. Le système actuel de routes d'AdM entre les principaux ports de l'arc ligurie-tyrrhénienne est composé de: Civitavecchia, Livourne, Gênes, Savone, Nice, Toulon, Marseille. Pour effectuer l'étude de l'analyse intégrée, sous la base de recherches-études effectués précédemment, notamment en référence à l'étude réalisée par Lupi, Farina, Pilato et Pratelli, on analyse les itinéraires pour le mois d'octobre 2015, qui n'ont pas subi de grandes variations par rapport à 2018. S'agissant généralement de liaisons ro-pax, elles sont affectées par les modifications des fréquences dues à la saisonnalité. Il est donc pris comme référence la dernière semaine du mois pour définir la fréquence du service, car elle est de toute façon la plus loin de la période de la haute saison. Avec ces informations, il n'existe actuellement aucun lien ADM direct entre des paires de villes côtières: il faut nécessairement traverser un port de Sardaigne ou de Corse, où le véhicule articulé doit être débarqué du premier navire et embarqué sur le second.

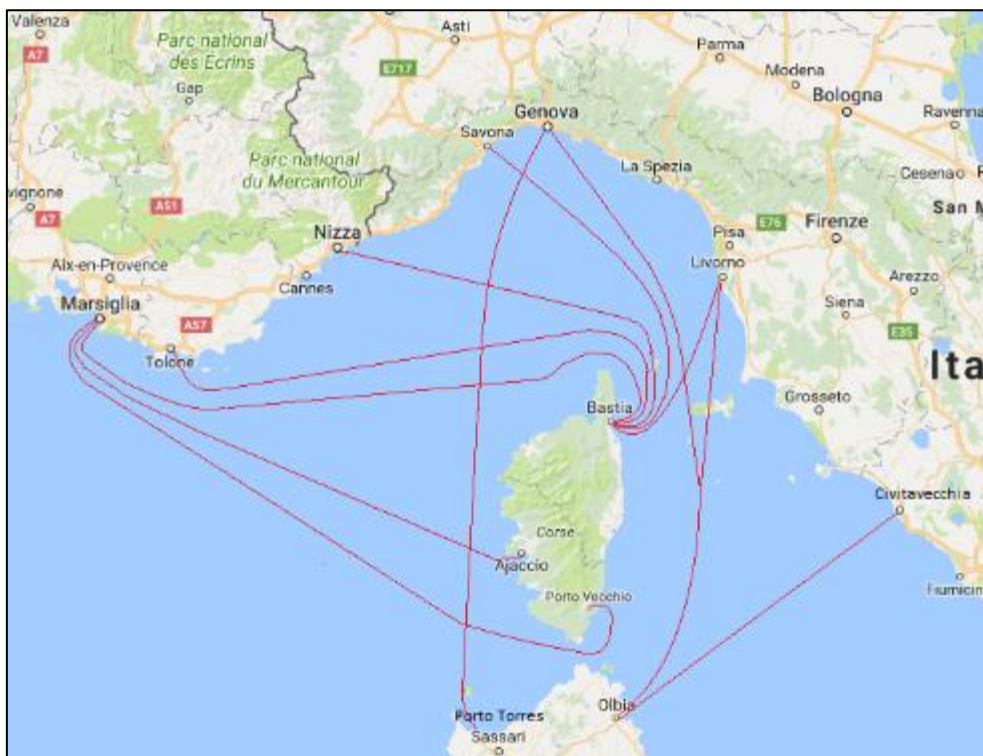


Figura 5.1: Les autoroutes de la mer actuellement en service.

Le manque de compétitivité du transport intermodal est également dû au fait que, parmi les ports considérés, il n'existe pas de service (route) unique, même si à travers un port intermédiaire, qui joint les ports d'origine et de destination: la nécessité du changement de navire à Bastia implique des temps de trajet élevés (les deux itinéraires ne coïncident pas à

Bastia) et des coûts (il est nécessaire de payer deux billets séparés). En outre, la nécessité de traverser le port de Bastia augmente également les distances de transport intermodal. Pour cela, trois types d'analyses sont rapportés ci-dessous:

1. Intégration entre des itinéraires alternatifs pour la même destination;
2. Intégration entre deux itinéraires utilisés successivement avec réduction des temps d'attente au port intermédiaire et possibilité d'avoir un prix particulièrement avantageux si les deux itinéraires sont effectués (exemple: Livourne-Bastia + Bastia-Nice);
3. Intégration entre les routes utilisées pour l'origine et la destination en utilisant les dispositions du point précédent (exemple: Livourne-Cagliari).

Le point 1 est divisé en deux autres hypothèses:

- En perdant le navire, par exemple, vous avez la possibilité d'effectuer la traversée avec le navire suivant d'un autre opérateur ayant les mêmes origines et destinations.
- En perdant le navire, vous avez la possibilité d'atteindre un autre port, par exemple ne partez de Livourne, mais également de Gênes ou de Civitavecchia, en gardant ou non le même opérateur. Cependant, l'hypothèse concernant le point 1 pose un problème politique. En fait, il existe actuellement une situation liée à l'affiliation des transporteurs routiers des autoroutes de la mer. C'est là que "le client habituel" entre en jeu, c'est-à-dire on a plus de possibilité de trouver une place dans un deuxième navire du même opérateur plutôt que dans un de plusieurs opérateurs. Cela se produit par exemple si le transporteur, qui avait réservé avec une compagnie navale A, perd le navire au profit d'un port et atteint un autre port voisin pour prendre un autre navire de la même compagnie navale A; Cependant, il est plus difficile de trouver un logement en peu de temps si la compagnie navale A n'est pas présente dans l'autre port et, par conséquent, le transporteur doit compter sur d'autres compagnies navales non habituelles.

Afin de mieux étudier ce problème, il serait utile de mettre en place une plate-forme, un véritable site web, où les horaires, les prix et la disponibilité sont chargés en temps réel avec la possibilité d'effectuer ou d'annuler la réservation.

Cependant, l'analyse du point soit 2 que 3, est reprise dans l'étude réalisée récemment par Lupi, Farina, Pilate, Pratelli sur la base du coût monétaire du temps de déplacement, du coût généralisé et dans le cas du transport intermodal accompagné par exemple, d'un véhicule articulé de 16,5 mètres. Le coût généralisé est évidemment fonction du coût monétaire et, en plus de ce paramètre, il convient de prendre en compte la valeur monétaire de la durée VT pour le temps du voyage au sol. Dans la littérature, pour ce dernier paramètre, en particulier concernant le transport de marchandises, Il existe une forte différence entre la

valeur à attribuer (VT), mais Feo a proposé une valeur plus récente, toujours à l'AdM, égale à 6,82 €/h, en considérant par exemple des expéditions de 15 t pour un VT de 0,455 €/h/t. Cette valeur est considérée comme la plus fiable pour déterminer le coût généralisé. Lors de la détermination des coûts monétaires et des temps de parcours des itinéraires maritimes, il est important de prendre en compte un composant supplémentaire donné par le temps passé au port d'échange en attente du prochain navire.

Dans les itinéraires intermodaux, qui prévoient le transbordement d'un navire à l'autre, les temps et les coûts sont constitués généralement par: embarquement au port d'origine sur le premier navire; traversée sur le premier navire; débarquement au port d'échange du premier navire; attente du deuxième navire au port d'échange; embarquement au port d'échange sur le deuxième navire; débarquement au port de destination du deuxième navire. En revanche, dans les itinéraires intermodaux, qui ne prévoient pas le transbordement d'un navire à l'autre, sont constitués par: embarquement au port d'origine; traversée; attente au port intermédiaire; traversée; débarquement au port de destination.

En résumé, les facteurs suivants doivent être pris en compte lors du calcul du temps de parcours d'un itinéraire intermodal:

- temps de traversée;
- temps requis pour le chargement et le déchargement du véhicule articulé, dans les deux ports au début et à la fin de la traversée et dans le port d'échange, s' il est prévu le changement de navire ou de temps d'attente au port intermédiaire, en attendant le départ du même navire;
- temps d'attente du navire suivant au port d'échange au cas où il y'ait un changement de navire;
- "délai de fréquence".

Le temps pour charger et décharger le véhicule articulé complet (transport accompagné) était basé sur les hypothèses rapportées dans la littérature technique (livre russe). En résumé, on considère donc qu'un véhicule articulé doit être présent au terminal ro-ro au moins une heure et demie avant le départ du navire et que le temps nécessaire pour le déchargement du véhicule articulé du navire est d'environ une demi-heure, le temps total l'embarquement et le débarquement, à ajouter au temps de la traversée, sont supposés égaux à 2 heures. De plus, généralement, une demi-heure avant le départ du navire, le véhicule articulé et le conducteur sont déjà à bord. Par conséquent, ils sont considérés, dans le transport accompagné: une heure pour le chargement du véhicule articulé sur le navire, une demi-heure pour le déchargement, plus une autre demi-heure avant le départ du navire dans lequel le conducteur est déjà à bord. Le temps d'attente du prochain navire dans le port d'échange est calculé sur la base des temps de route.

En revanche, le "délai de fréquence" est une quantité qui prend en compte la fréquence de la route d'AdM et qu'il y a beaucoup d'aide pour l'analyse de l'étude. En général, un départ de la route n'est pas disponible à l'heure souhaitée par l'expéditeur. Cette valeur est encore plus élevée quand la fréquence du service est plus basse. Le "délai de fréquence" a été déterminé sur la base d'une étude menée par Ghobrial et Kanafani pour le transport aérien, adaptant les résultats au transport maritime.

En particulier, dans cette analyse, le "délai de fréquence" t_f est calculé comme suit:

$$t_f = \frac{1}{8} \cdot \frac{O_{pw}}{f_a}$$

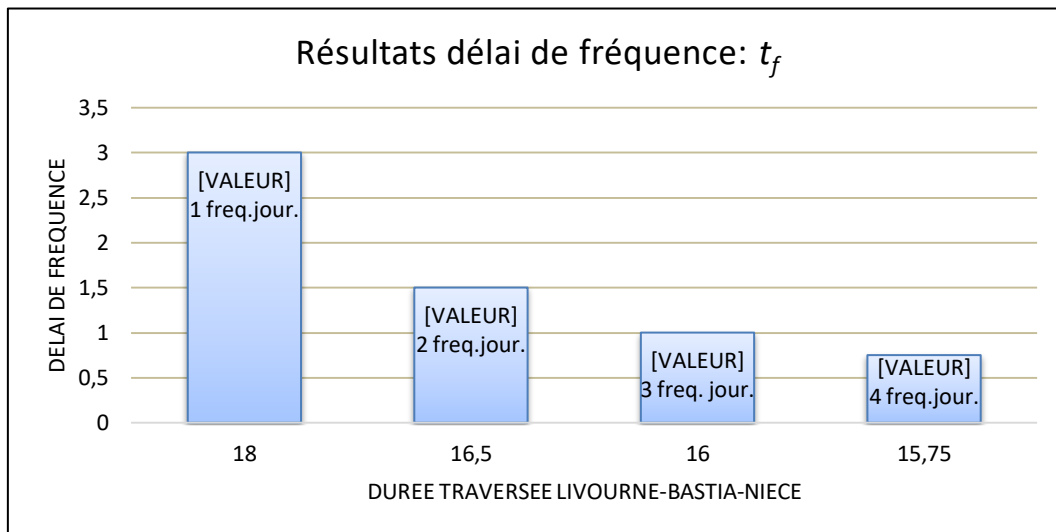
Avec :

O_{pw} = temps de planification hebdomadaire des départs dans une route; $O_{pw} = 168$ (7 jours la semaine où les services AdM sont opérationnels et 24 heures sur 24)

f_a = fréquence hebdomadaire de la route.

C'est dans cette élaboration que nous allons supposer même plus qu'une fréquence journalière de l'arrivée du navire au port, ainsi que la réalisation d'un billet unique. Parmi les propositions d'amélioration, on peut alors prévoir le maintien des routes et des horaires en l'état actuel, mais en envisageant la réalisation d'un ticket unique pour les deux routes utilisées dans l'itinéraire intermodal. Par exemple, dans l'itinéraire entre Livourne et Nice, il ne sera plus nécessaire de payer deux billets, Livourne - Bastia et Bastia - Nice, mais un seul billet, dont le prix est calculé comme s'il ne s'agissait pas de deux routes différentes, mais d'une seule route. Pour cette proposition d'amélioration, il était nécessaire d'établir une relation permettant de calculer le prix du billet en fonction de la longueur de la route d'AdM. En fusionnant les routes existantes en routes plus longues, faisant l'escale à Bastia et en faisant référence au temps nécessaires pour les opérations de chargement et de déchargement du navire en cas de transport accompagné, on a supposé un temps d'arrêt à Bastia de 3 heures (3 heures est le temps nécessaire pour décharger et charger le véhicule du navire). En outre, il a été conçu de ramener la fréquence de toutes les routes à 7 services par semaine (soit un départ journalière), afin de réduire le délai de fréquence à seulement 3 heures. S'il avait pensé qu'une fréquence plus élevée par exemple 2, et donc 14 services par semaine, on obtient une valeur de délai de fréquence égale à 1,5. Si au lieu de cela la fréquence est égale à 3, alors on arrive à 21 fréquences hebdomadaires. Cela implique une amélioration générale à la fois pour les utilisateurs et pour les entreprises. Le tableau 5.1 présente la comparaison entre les différentes fréquences journalières de la section Livourne-Bastia-Nice sans changement de navire à Bastia, mais le départ avec le même navire de Bastia jusqu'à atteindre Nice.

Tabella 5.1 : Valeurs du délai de fréquence sur les différentes fréquences quotidiennes et relatives, exprimées en heures



Ci-dessous se trouve l'analyse du cas dans lequel le véhicule arrive quand le navire est parti. Étant donné que le temps de voyage d'un itinéraire intermodal est une fonction de plusieurs facteurs et certains entre eux ne sont pas modifiables. Il est possible d'agir sur les fréquences journalières (voir ci-dessus).

En détail considérant un temps de voyage $t_{1,i,j}$ qui arrive de l'origine i à la destination j employé par le navire d'une compagnie navale A et $t_{2,i,j}$ égal à $t_{1,i,j}$ parce que c'est le moment où le même navire A part de l'origine i et arrive à la destination j , il est possible de considérer une variable R_x égale au temps de retard du véhicule articulé au port. En ce qui concerne les informations du temps de voyage pour la traversée et selon la fréquence des navires dans le même port, on peut affirmer que le temps gagné par le véhicule articulé t_g en prenant le premier navire qui arrive au port (c'est-à-dire immédiatement le suivant à ce qui le véhicule articulé n'a pas pu le prendre car il est arrivé en retard) est le temps de la traversée $t_{2,i,j}$ ($= t_{1,i,j}$) pour deux déduit du temps de la traversée effectuée avec le deuxième navire B $t_{3,i,j}$ déduit du retard du véhicule au port R_x et également déduit du temps d'attente pour prendre le navire B égal à W .

$$T_g = \text{temps gagné} = t_{1,i,j} * 2 - t_{3,i,j} - R_x - W$$

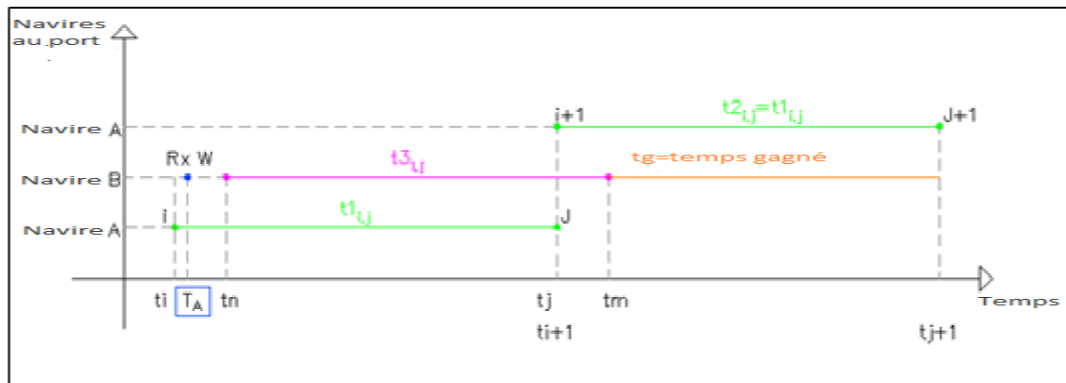


Figure 2: Exemple d'un véhicule articulé en retards.

5.1 Un modèle mathématique d'intégration optimale d'un système tarifaire

Le problème de la subdivision optimale dans les zones du bassin de demande d'un système de transport collectif a été traité dans le passé à la fois par des approches analytiques et par les plus récents modèles de programmation mathématiques. En s'inspirant de ces derniers et d'une étude réalisée par Pratelli et Schoen, on présente un modèle d'intégration optimale d'un système, relativement à la zone d'étude.

La détermination du tarif optimal s'effectue par la minimisation d'une fonction de coût à des composants pondérées afin de pouvoir prendre en compte à la fois les besoins d'équilibre du budget de chaque société (compagnie maritime) et les variations des charges monétaires imposées aux utilisateurs, et segmentée par les abonnés et les voyageurs avec des billets. D'autre part, la détermination en zones du bassin de demande peut être effectuée à l'aide d'un algorithme heuristique basé sur la recherche aléatoire de la configuration la plus avantageuse.

Comme spécifié ci-dessus, l'objectif est de proposer un système de tarifs intégrés qui, avec un seul type de billet, permette à l'utilisateur individuel de voyager au sein d'un même périmètre territorial, divisé en plusieurs zones différentes, en utilisant un ou plusieurs moyens e/o de différents modes de transport collectif de temps en temps gérés par différentes sociétés de transport (par exemple, possibilité de voyager avec différentes sociétés maritimes).

En résumé, les objectifs à atteindre sont les suivants:

- minimiser l'augmentation du prix du billet payé par l'utilisateur avec l'ancien (non intégré) et avec le nouveau système de tarification;
- minimiser la réduction de l'encaissement total;
- minimiser la réduction de l'encaissement de chaque entreprise de transport.

Dans le cadre de la programmation mathématique, il est utile de définir et d'attribuer un zonage, qui peut être un système de tarification optimal avec un schéma mettant en évidence les différents ensembles avec les indices relatifs utilisés, les nécessaires paramètres numériques, les variables de décision, les contraintes et enfin la fonction

objectif. Le modèle est utile pour pouvoir représenter des différents scénarios de tarification et représente un schéma de modèle linéaire classique avec des variables entières. En ce qui concerne le problème du zonage optimal, qui dépendra des paramètres choisis dans le modèle de tarification le plus bas et sa "bonté" sera décidée sur la base de la valeur assumée par l'objectif du modèle de tarification.

5.2 La Théorie des jeux

Le système de tarification intégrée est similaire à un jeu non coopératif. En fait, il est possible de parvenir à une situation dans laquelle toutes les compagnies de navigation obtiennent le meilleur résultat possible à condition qu'elles (joueurs) respectent les règles (gouvernance).

Toutes les compagnies travaillent non pour obtenir le meilleur résultat individuel, mais pour obtenir le meilleur résultat pour l'ensemble du groupe. Indirectement, cela conduit à obtenir un meilleur résultat également pour eux-mêmes. L'objectif est de pouvoir maximiser tous, autrement, si le joueur décide de maximiser juste lui-même, il vient de maximiser le minimum et non le maximum.

Cela représente le théorème de Nash qui dit: "Le meilleur résultat s'obtient lorsque chaque membre du groupe fait ce qui est le mieux pour lui et pour le groupe".

Cela traite une situation de concurrence dans les jeux non coopératifs, en effet les joueurs n'ont pas la possibilité de conclure des accords contraignants, quel que soit leur objectif (ce sont précisément les règles du jeu pour empêcher les accords). Chaque individu participe avec l'objectif de toujours faire ce qui le conduit à avoir le maximum de gain possible. Dans ce sens, il se comporte comme un "optimiste intelligent": essaie par tous les moyens de suivre la stratégie qui pense que c'est la plus avantageuse pour lui-même. Il peut arriver que pendant le jeu une condition émerge, dans laquelle chaque participant n'a aucune incitation à modifier sa propre stratégie, également à la lumière des stratégies mises en œuvre par d'autres. C'est le point d'équilibre de Nash: la présence d'un comportement rationnel est utile sur le plan social car elle permet à tous les joueurs d'obtenir quelque chose, ce qui est également dans l'intérêt de tous les participants. Il est possible d'entreprendre les mêmes actions, menées avec les l'ecobonus actuellement en vigueur sur les autoroutes de l'Italie, sur les autoroutes de la mer. C'est une stratégie pour favoriser tel type de transport et le rendre plus utilisable et exploitable. La constitution d'un système de tarification intégrée et de parcours de type fermé, sur le modèle du réseau autoroutier italien, est vérifié à la fois d'un point de vue fonctionnel avec la réduction des temps d'attente et donc des temps de voyage, et d'un point de vue économique, comme le garantit le modèle de jeu non coopératif d'équilibre de Nash.

Contact: gosmartmed@gmail.com