

Réf. : PCI/OGUIDE/51.0005.11/FB/FB
 Ed/Rév : 00/10
 Traduction : --
 Mémo : 1010795
 Date : 10/01/2016

Projet / Project

Arborescence / Technical number

OGUIDE

Type de document / Type of document

TITRE / TITLE

PRESENTATION DU SYSTEME DASSISTANCE PAR GUIDAGE OPTIQUE

Mots clés descripteurs / Descriptors

Optiguide Optiboard

Rédacteur / Author

Nombre de pages / Number of pages

D. MARCHAND

27

APPROBATION / APPROVAL

Nom / Name	Fonction / Function	Date / Date	Signature / Signature
<u>Rédaction:</u> D.MARCHAND	Responsable activité OPTG		
<u>Validation</u> A. SIERRA	Responsable technique OPTG		
<u>Autorisation:</u> D.MARCHAND	Responsable activité OPTG		

SUIVI D'EVOLUTIONS / REVISION RECORDS

<i>Edition / Révision Version number</i>	<i>Date Date</i>	<i>§ concernés Affected §</i>	<i>Modification Change</i>	<i>Justification Justification</i>
00/00 00/10	24/01/2011 10/01/2015			Création

SOMMAIRE

1. DESCRIPTION GENERALE DU DISPOSITIF	4
1.1. PRINCIPES ET AVANTAGES	4
1.2. ADAPTABILITE, EXPLOITABILITE	5
2. ARCHITECTURE ET MODES DE FONCTIONNEMENT	7
2.1. PRESENTATION DES PRINCIPAUX ELEMENTS ET DES FONCTIONS	7
2.2. ARCHITECTURE MATERIELLE	9
2.3. FONCTIONNEMENT	10
2.3.1. Définition des modes de conduite	10
2.3.2. Transitions et Changements d'états	11
2.4. CARACTERISTIQUES DANS LES DIFFERENTES PHASES	14
2.4.1. Entrée en zone Assistée	14
2.4.2. Sortie de zone Assistée	14
2.4.3. Interface homme-machine	15
2.4.4. Formation des conducteurs	15
2.5. AUTRES CARACTERISTIQUES	16
2.5.1. Trajectoire et Cinématique du véhicule	16
2.5.2. Environnement climatique	16
2.5.3. Eclairage urbain	16
3. FDMS : FIABILITE, DISPONIBILITE, MAINTENABILITE ET SECURITE.	17
3.1. SECURITE	17
3.1.1. Emprise	17
3.1.2. Enregistrement de paramètres	17
3.2. FIABILITE DISPONIBILITE, MAINTENABILITE	18
3.2.1. Fiabilité et disponibilité	18
3.2.2. Maintenabilité	18
3.2.3. Formation à la maintenance	19
4. PRINCIPES DE DEFINITION DES TRAJECTOIRES	20
4.1. TRACE	20
4.1.1. Hypothèses de base	20
4.1.2. Principe d'approche dans une station	20
4.1.3. Principe de la sortie de la station	20
4.1.4. Etudes de trajectoires	20
5. INFRASTRUCTURES : DIMENSIONNEMENT ET INTERFACES	21
5.1. INTRODUCTION	21
5.2. INFRASTRUCTURES SOL	21
5.2.1. Marquage	21
5.2.2. Plateforme	22
5.3. INFRASTRUCTURES EN STATION	22
5.3.1. Aménagement des quais	22
5.3.2. Sifflet en entrée de station et chasse-roue en sortie	23
5.3.3. Exemples d'aménagement de station et réalisations	23
5.4. INFRASTRUCTURE DU DEPOT	24
6. REALISATIONS, PERFORMANCES ET SUIVI DU PRODUIT	25
6.1. ROUEN	25
6.2. BOLOGNE	25
6.3. NIMES	25
6.4. CASTELLON	25

Préambule

Ce document présente la solution d'assistance à la conduite **Optiboard®**. Les aspects techniques du système d'assistance y sont présentés, notamment son fonctionnement et l'architecture matérielle.

La sécurité fait l'objet d'une description détaillée dans le paragraphe « FDMS », Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, Sécurité. Le paragraphe « Infrastructures » précise les besoins en termes d'infrastructure. Enfin un paragraphe présente les réalisations existantes et donne des informations sur les performances en exploitation.

Le système d'assistance à la conduite **Optiboard** est directement dérivé du guidage optique « Optiguide » ; seul système guidé immatériel ayant fait ses preuves aussi bien au niveau réglementaire qu'en exploitation commerciale. Le guidage optique Optiguide est opérationnel sur différents types de bus et trolleybus, de 12 et 18m, en guidage continu ou à l'accostage. Le guidage de véhicule bi-articulé est possible.

1. DESCRIPTION GENERALE DU DISPOSITIF

1.1. Principes et avantages

L'assistance à la conduite **Optiboard** facilite la manœuvre d'accostage pour garantir une lacune minimale en station. Il s'agit en fait de suivre au plus près une trajectoire « idéale » repérée par un marquage au sol.

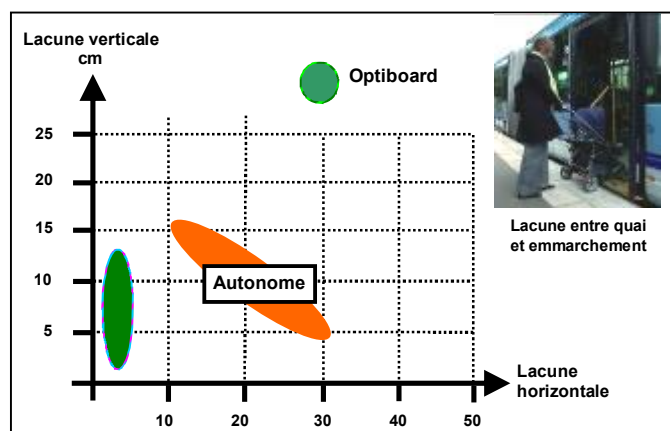
La trajectoire (pour une lacune cible inférieure à 5 cm) est lue par une caméra située à l'avant du véhicule ; elle est ensuite analysée afin de déterminer l'écart entre le marquage au sol et la position du véhicule dans sa dynamique. Une Interface Homme machine ; basée sur l'utilisation du volant et des voyants sur le tableau de bord ; assiste le conducteur pour réduire cet écart.

Dans toutes les interfaces proposées, le conducteur tient son volant, conservant à tout moment "la main" sur son véhicule. Le système **Optiboard** propose ainsi plusieurs applications :

- Guider le véhicule (transport guidé similaire à Optiguide),
- Accompagner le conducteur par une assistance sur la colonne de direction, assistance inversement proportionnelle à la vitesse du véhicule,
- Indiquer au conducteur l'écart par volant haptique ou par vision tête haute.
- **Optiboard** procure, en station, une **accessibilité optimale** grâce au positionnement latéral très précis et répétitif du véhicule le long du quai ; il facilite l'accès des Personnes à Mobilité Réduite, des personnes avec des poussettes et de tous les voyageurs de manière générale. Cette qualité de l'accostage latéral permet de réduire la lacune verticale ("marche") et d'**éviter le risque de collision** entre le véhicule et le quai. Les temps d'échange des voyageurs en station s'en trouvent réduits, ce qui **améliore la vitesse commerciale** et de ce fait **réduit les coûts d'exploitation**.
- **Optiboard** optimise le **confort latéral** par un tracé adapté (clothoïdes, etc.). Les mouvements du véhicule perçus par les passagers sont notablement atténués et notamment dans les courbes et dans les phases délicates d'approche et de départ de station.
- Sans contrainte de déploiement sur le quai, le système **Optiboard** permet de minimiser la lacune verticale.

- Dans le contexte de véhicule électrique sans ligne aérienne de contact, **Optiboard** permet d'assurer un positionnement du véhicule pour recharge en station.
- **Optiboard** permet un allègement de la charge de travail des conducteurs dans les phases d'approche et de départ de la station et ce pour des véhicules de 12, 18 mais aussi 24 m de longueur.
- **Optiboard** apporte une grande souplesse aussi bien pour la mise en œuvre du système de transport que pour son exploitation. Il est aussi adapté aux exploitations mixtes Quais Haut/Bas, à une flotte hétérogène de véhicules (Plusieurs types/constructeurs) avec possible « retrofit » sur l'existant.
- **Optiboard** permet en outre d'établir des rapports d'exploitation permettant de mesurer la qualité du service proposé.
- Le caractère innovant et "high-tech" contribue à la modernité exprimée par le système de transport.

Le diagramme suivant présente une comparaison entre les lacunes pour des bus classiques et des véhicules équipés du guidage optique. On peut remarquer que pour des bus classiques, la réduction de la marche verticale (par augmentation de la hauteur des quais) se fait au détriment de la lacune horizontale : plus le véhicule est proche du quai sur un plan vertical, plus le conducteur s'éloigne du quai à l'approche en station, par crainte d'une collision entre les deux.

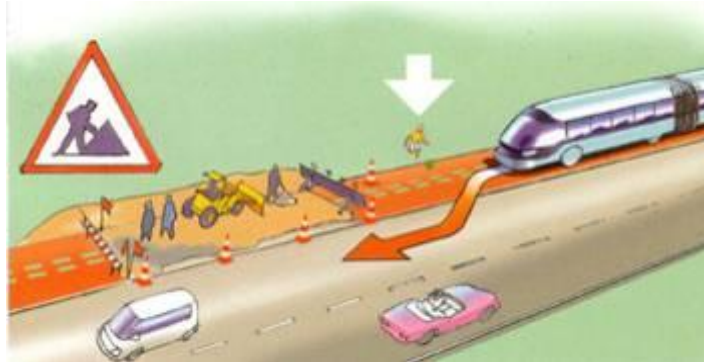


1.2. Adaptabilité, Exploitabilité

Optiboard permet d'assurer une assistance à l'accostage dans les phases d'approche et de départ de la station. La nature même du système de vision (absence de mécanisme mobile) garantit une grande souplesse d'exploitation :

- **les entrées ou les sorties de zones assistées (munies de marquage) s'opèrent "à la volée"** sans discontinuité d'exploitation ni réduction de performances : à partir de l'image acquise par la caméra, le système détecte le marquage au sol et analyse la trajectoire. Le traitement d'image, associé à un modèle dynamique de comportement du véhicule, informe le conducteur de la meilleure conduite à tenir.
- **le conducteur a toujours une totale liberté** sur la conduite du véhicule. Le retour à l'assistance s'effectue automatiquement et sans discontinuité, dès lors que le conducteur

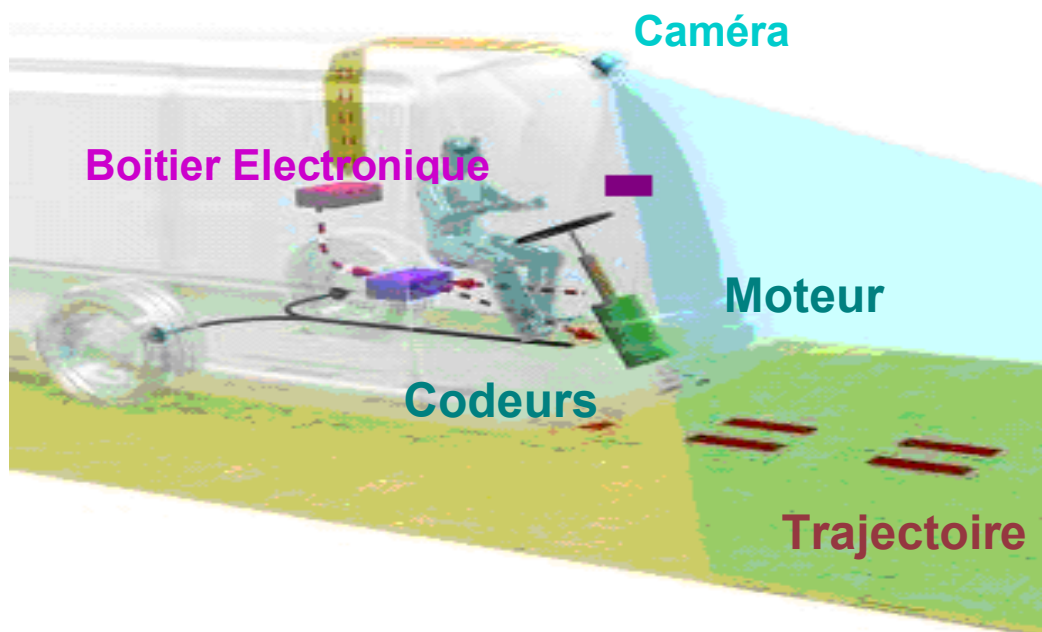
a positionné correctement le véhicule par rapport au tracé au sol. Le système Optiboard calcule en permanence l'attitude du véhicule par rapport à ce tracé (écart latéral et angle de lacet).



Un véhicule desservant une ligne peut faire appel à l'un ou l'autre des deux modes de conduite possibles (assisté ou manuel) en fonction des configurations du site et des moyens mis en place au niveau des infrastructures. L'infrastructure de l'arrêt, et en particulier la trajectoire marquée au sol, sont définies et adaptées aux objectifs recherchés : lacune réduite en station, confort des mouvements du véhicule pour le passager.

2. ARCHITECTURE ET MODES DE FONCTIONNEMENT

2.1. Présentation des principaux éléments et des fonctions



Constituants du système **Optiboard**

Le module de vision et d'estimation analyse l'image enregistrée par une caméra située à l'avant du véhicule. Il repère le marquage au sol, calcule des informations sur la géométrie de la voie (rayon de courbure, alignement droit...) et mesure la position latérale et l'orientation du véhicule par rapport à la trajectoire marquée. Pour ce faire, il complète les informations issues de l'analyse de l'image avec la vitesse de lacet du véhicule.

Toutes ces informations sont transmises au module d'assistance.

Le véhicule fournit aussi sa vitesse et si possible sa position.

Les caractéristiques propres du véhicule sont prises en compte sous forme de paramètres mémorisés dans le module d'assistance : position et champ de la caméra, caractéristiques du véhicule.

Le module d'assistance élabore la consigne à appliquer, à partir des données cinématiques. Des modèles de comportement dynamique du véhicule sont utilisés dans le calcul de cette consigne. Il s'agit d'une optimisation sous contraintes pour faire suivre au véhicule la meilleure trajectoire possible en tenant compte :

- Des capacités d'évolution du véhicule ;

- Des limites imposées par les critères de confort des passagers et d'acceptation par le conducteur ;
- De l'état courant et du futur prévisible.

Le marquage au sol est tracé en tenant compte du gabarit du véhicule et de ses capacités d'évolution.

Un moteur agit sur la colonne de direction du véhicule. Il est piloté en fonction de la consigne de vitesse du volant, calculée par le module d'assistance.

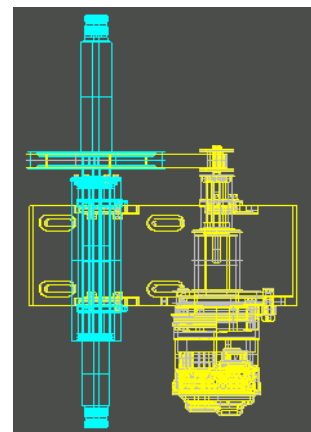
Des capteurs (angle volant, angle levier pendant, gyromètres) fournissent des données au module d'assistance.

La performance globale du système dépend de l'infrastructure et des spécifications techniques du véhicule, On peut citer le porte à faux avant qui influence le rayon minimal admissible tout comme la position du système de vision ; mais aussi la direction assistée qui amplifie l'effort du moteur d'assistance.

2.2. Architecture matérielle

Optiboard comprend :

- Un boîtier électronique : un ensemble électronique de traitement.
- Un capteur d'angle volant. Il est monté sur la colonne de direction et fournit directement l'angle de braquage du volant.
- Un capteur d'angle levier pendant fournit l'angle de braquage du train avant.
- Un système de vision composé d'une caméra vidéo, de son objectif et de l'électronique de pilotage associée. Elle est placée à l'avant du véhicule pour acquérir l'image du marquage.
- L'ensemble des commandes et contrôles à la disposition du conducteur est rassemblé au poste de conduite.
- Un moteur agit sur la colonne de direction. Le couplage mécanique est une fourniture du fournisseur du véhicule.
- Une interface Véhicule (CAN) : utilisée pour les communications entre **Optiboard** et le véhicule ; elle fournit au calculateur les informations requises : Vitesse ABS,



• **Conditions Environnementales**

Température :

	Utilisation / fonctionnement		Stockage	
	T° min °C	T° max °C	T° min °C	T° max °C
Boitier DOCA	- 20 °C	+ 50	- 40	+ 70
Caméra	- 20	+ 70	- 25	+ 70
Codeurs	- 20	+ 70	- 30	+ 70
Moteur	- 40	+ 60	- 40	+ 85

Protection :

- Capteur d'angle volant: IP65
- Moteur: IP56
- Boîtier électronique: IP54

EMC : ECE R10

Alimentation : 24 V avec plage de variation entre [20V – 31V].

Vibrations : Endurance à 9 Hz et tests sur la plage [5Hz – 1000Hz]

2.3. Fonctionnement

Le fonctionnement et les modes opératoires sont régis afin de satisfaire :

- Les exigences de sécurité ;
- Les objectifs de disponibilité et de robustesse du système ;
- Le souci de simplifier les procédures d'exploitation et l'interface homme/machine.

2.3.1. Définition des modes de conduite

Au cours d'une mission, deux modes de conduite sont possibles:

- Le mode **Assisté**, mode nominal dans lequel la position du véhicule par rapport à la trajectoire matérialisée est contrôlée par le système;
- Le mode **Manuel** sans assistance qui reste toujours possible et en particulier à chaque fois que les conditions de circulation l'imposent ou en cas de perte du marquage, ou sur les zones où il n'est pas prévu d'exploiter en mode Assisté (Sans marquage au sol);
- Les transitions entre ces deux modes sont dues à :
 - > des interventions du conducteur
 - > des mises en sécurité (mode Défaut) du système.

2.3.2. Transitions et Changements d'états

Au cours d'une mission, **Optiboard** peut se trouver dans l'un des états suivants :

- **Hors tension** : le conducteur n'a pas mis l'équipement sous tension ;
- **Veille** : Après mise sous tension, le système a passé l'autotest avec succès;
- **Autorisé** : après validation par le conducteur ; **Optiboard** passe en mode Assisté dès que les conditions de prise de ligne sont réunies (présence de marquage au sol et position relative du véhicule) ;
- **Assisté**: le conducteur du véhicule est Assisté dans sa conduite;
- **Vigilance**: le conducteur du véhicule est Assisté dans sa conduite et **Optiboard** note des dégradations de la vision de la trajectoire ou un véhicule trop éloigné de cette trajectoire;
- **En Défaut** : **Optiboard** s'est placé en défaut suite à dysfonctionnement détecté par autotest ou en exploitation;
- **Maintenance** : **Optiboard** a détecté une connexion sur sa prise de maintenance.

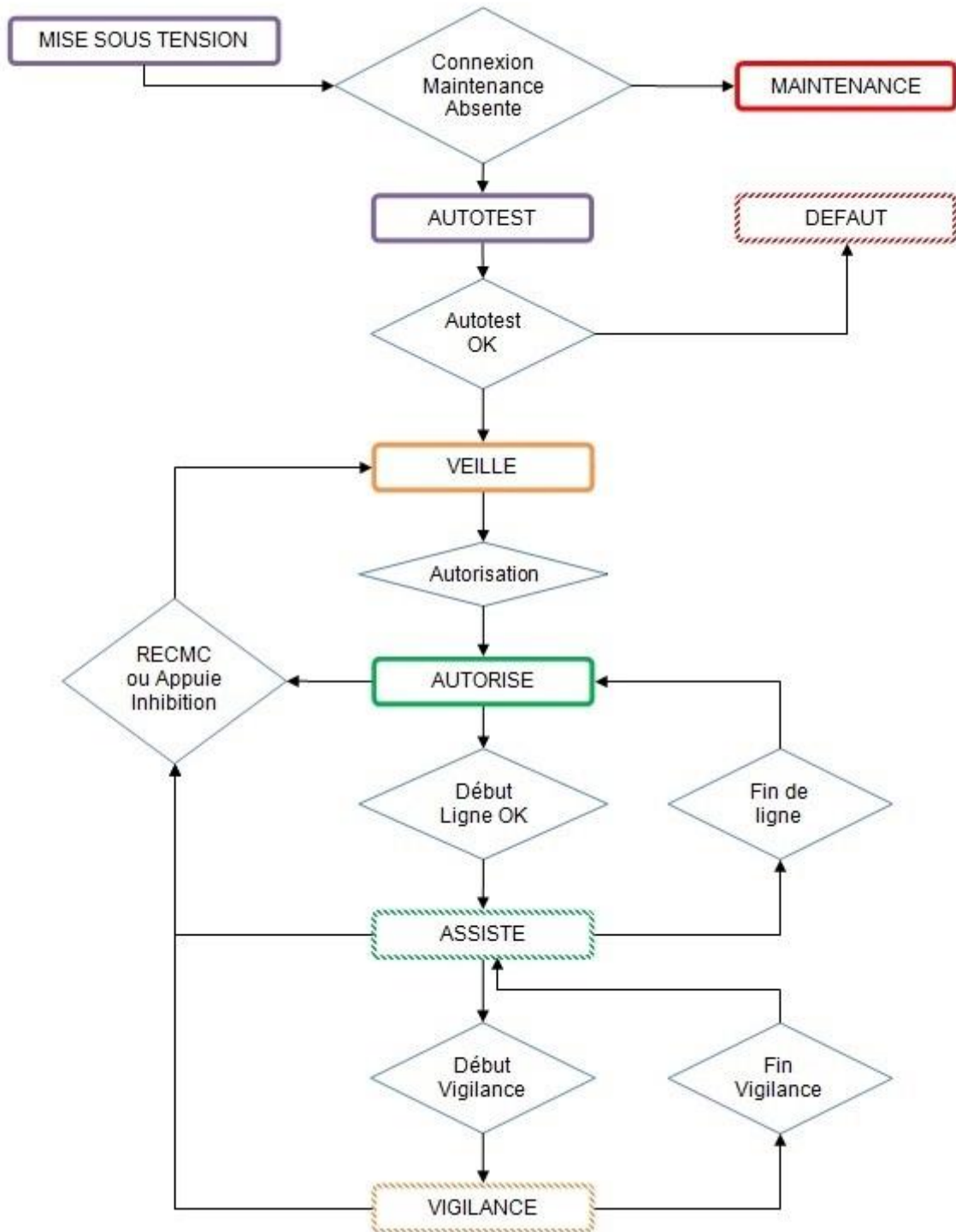


Diagramme d'état

Enfin, les modes opératoires sont régis par les principes généraux suivants :

- Après l'autorisation du conducteur par appui sur le bouton « Autorisation/ Inhibition », le passage en mode **Assisté** est automatique, c'est-à-dire à l'initiative du système, après vérification du respect des conditions requises : vitesse et position du véhicule par rapport au marquage, lecture correcte des marquages au sol, système en mode **Autorisé**,

- En cas de perte normale de marquage en fin de zone guidée, le système **Optiboard** se place en mode **Autorisé** de façon à pouvoir repasser automatiquement en mode **Assisté** dès que les conditions requises seront remplies (Prise de ligne possible jusqu'à 40 km/h).
- En cas de défaillance de lecture du marquage ou appui sur le bouton inhibition par le conducteur, le système **Optiboard** se place en mode **Veille** de façon à pouvoir repasser en mode **Autorisé** après appui sur le bouton « Autorisation/Inhibition » par le conducteur, Le système passe alors en mode **Assisté** dès que les conditions requises seront remplies (Prise de ligne possible jusqu'à 40 km/h).
- En cas de détection d'un dysfonctionnement (sous-tension sur l'alimentation générale, défaut d'un équipement...), le système **Optiboard** se place en mode **Défaut**. La sortie de ce mode n'est possible que par autotest (ON/OFF par le conducteur). Cette opération de réinitialisation n'est possible que véhicule à l'arrêt.

Dans tous les cas, le conducteur continue d'assurer la conduite en cohérence avec sa perception de l'environnement proche :

- Environnement fixe : courbes, carrefours, vision localement occultée, identification d'une dégradation apparente du marquage au sol;
- Environnement variable : météo (pluie, brouillard, verglas, neige, vent latéral,...) ou tout environnement extérieur ayant un impact sur la visibilité, l'adhérence au sol, la stabilité du véhicule, etc. ;
- Comportement suspect du véhicule (dégonflement de roue, défaillance du système **Optiboard**, tout indice susceptible de laisser présager une défaillance,...) ;
- Risque en présence d'obstacles fixes ou mobiles sur le site, en particulier des véhicules et des piétons utilisant le site réservé.

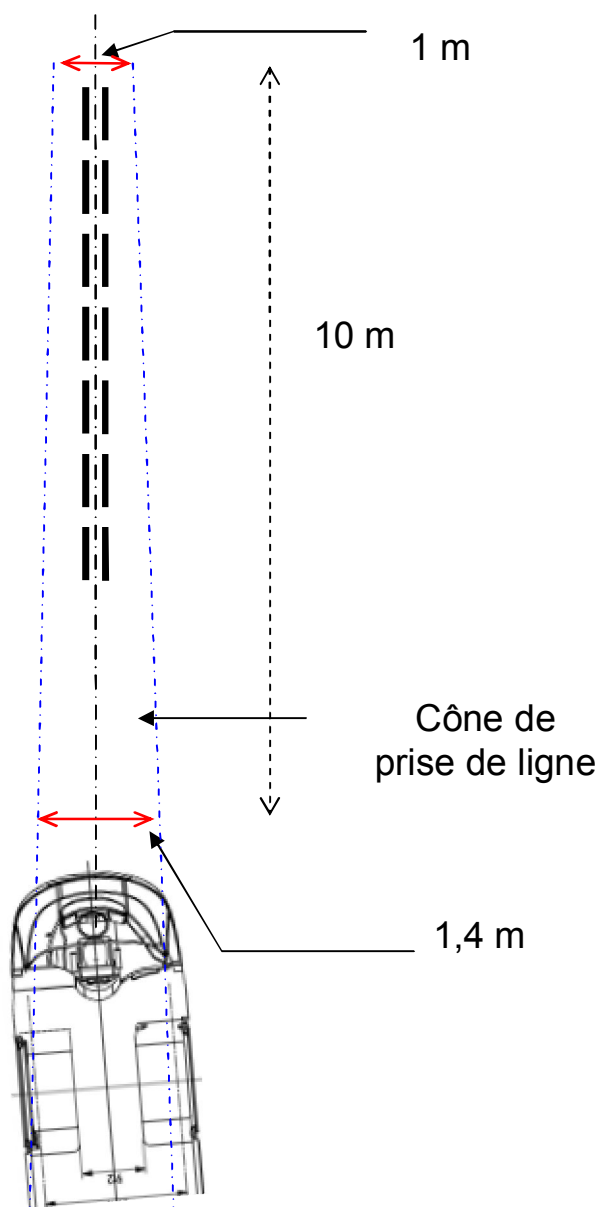
Le conducteur demeure responsable de la conduite du véhicule et l'assistance procurée par **Optiboard**, qui allège sa charge de travail, ne le dispense pas de son devoir de vigilance.

2.4. Caractéristiques dans les différentes phases

2.4.1. Entrée en zone Assistée

Le conducteur, à l'approche en état **Autorisé** d'une zone assistée, suit la trajectoire et présente naturellement son véhicule au début du marquage matérialisant la trajectoire.

La vitesse maximale en prise de ligne est de 40 km/h environ.



- Ecart latéral par rapport à la trajectoire, mesuré au niveau de l'essieu avant par le guidage, inférieur à 70 cm au début du marquage ;
- L'action naturelle du conducteur pour ramener le véhicule vers la trajectoire contribuera à faciliter le ralliement (voir figure).

Le passage en mode **Assisté** a lieu automatiquement à la volée.

2.4.2. Sortie de zone Assistée

Le conducteur en départ de station suit la trajectoire sur une vingtaine de mètres. Cela permet de réduire, pour des véhicules articulés, le risque de contact du pneu arrière droit avec le bord de quai.

Le système assure le réalignement du véhicule sur la trajectoire de sortie de l'arrêt, il signale la sortie du mode Assisté et retourne automatiquement au mode **Autorisé** pour le prochain quai, sans surcharge par rapport à une conduite manuelle.

2.4.3. Interface homme-machine

Ce paragraphe liste les informations échangées entre le système **Optiboard** et le conducteur, et définit des modes de signalement ou d'action (Cf. colonne "type").

Les modes de signalement sont matérialisés par :

- Des voyants;
- Un avertisseur sonore pour la sortie du mode Assisté;

Conducteur ⇒ **Optiboard** :

Nom	Action	Type
Arrêt/Marche	Coupure / mise sous tension	Interrupteur
Assisté/Manuel	Choix du mode Assisté / Manuel	Bouton poussoir

IHM Optiboard ⇒ Conducteur :

Nom	Signification	Type
Veille	Equipement sous tension et en état de marche	Voyant orange fixe
Autorisé	Le dispositif prêt à passer en Assisté (dès qu'un marquage sera détecté)	Voyant vert fixe
Assisté	Optiboard présente la consigne optimale	Voyant vert clignotant
Assisté -> Autorisé	Annonce la fin d'une zone assistée	Voyant vert fixe +Buzzer
Assisté -> Veille	Annonce la fin d'une zone assistée	Voyant orange fixe + Buzzer
Assisté -> Vigilance	Vigilance : écart latéral excessif ou marquage vu incomplet	Voyant vert clignotant + Voyant orange clignotant
tout mode -> Défaut	Arrêt de l'assistance	Voyant rouge clignotant + Buzzer

2.4.4. Formation des conducteurs

Le programme de formation des conducteurs au système comprend :

- Une présentation générale du système et ses apports ;
- Une présentation des procédures de conduite ;
- Un programme de conduite.

2.5. Autres caractéristiques

2.5.1. Trajectoire et Cinématique du véhicule

Le confort latéral est pris en compte dans la définition du tracé et les paramètres de calcul de la consigne intégrés dans le logiciel respectent les limites inscrites dans le tracé. Lorsque les vitesses d'approche, de suivi et de départ sont respectées, l'accélération transversale et le jerk latéral sont inférieurs aux valeurs limites généralement préconisées pour respecter le confort (1.3 m/s^2 et 0.6 m/s^3).

La vitesse maximale en mode **Assisté** est limitée à 70 km/h. Les limites de vitesse sont définies durant les études d'insertion ; elles sont adaptées à la trajectoire définie au cours de ces études qui prend en compte les contraintes liées à l'environnement de la ligne.

Pour une disponibilité optimale du système, le contraste définit par le rapport du coefficient de réflexion sous éclairage diffus mesuré entre la voirie (QdV) et les bandes (QdB) doit être le plus élevé possible ($QdB-QdV/QdB+QdV$) et un niveau de 0,5 donne un excellent résultat (cf TEOR Rouen). Le coefficient de la voirie doit quand à lui rester inférieur à 40 millicandelas par mètre carré et par lux pour conserver cette disponibilité en tout temps.

2.5.2. Environnement climatique

En cas de chute de neige, la voie doit être sommairement déneigée comme toute voie routière. La vue suivante est un exemple d'assistance par temps neigeux.



2.5.3. Eclairage urbain

Le système fonctionne de nuit et est compatible avec tous les types d'éclairage urbain ou autoroutier. Des feux additionnels (ou feux de travaux) peuvent être nécessaires pour des zones peu éclairées.

3. FDMS : FIABILITE, DISPONIBILITE, MAINTENABILITE ET SECURITE.

L'assistance **Optiboard** renforce la sécurité du système de transport.

3.1. Sécurité

Les éléments constitutifs du système **Optiboard** ont subi une homologation routière qui a notamment validé les performances attendues. Les essais d'homologation ont été supervisés par un organisme agréé.

3.1.1. Emprise

L'emprise est définie au cours des études d'insertion lors de la détermination précise du tracé. L'environnement proche de la ligne et des scénarios dimensionnant sont pris en compte dans le calcul de cette emprise. Elle tient compte des performances du système **Optiboard** et des conditions d'exploitation. L'emprise dynamique de la caisse et des pneumatiques est ainsi déterminée et visualisée sur les plans d'insertion.



Tracé avec matérialisation du gabarit limite d'obstacle, cas d'un transport guidé (TEOR)

3.1.2. Enregistrement de paramètres

Le Boitier électronique enregistre la vitesse du véhicule, les états du système et des informations relatives à l'interface homme-machine (voyants, buzzer).

Ces enregistrements peuvent :

- Faciliter la détection précoce de défauts d'infrastructure (revêtement en particulier), de problèmes d'interfaces véhicules ou de défaillance des équipements avant que ceux-ci affectent la disponibilité.
- Fournir des informations à l'exploitant sur les performances du système.

3.2. Fiabilité Disponibilité, Maintenabilité

Dès qu'une anomalie est détectée, **Optiboard** se place en mode **Défaut** :

- Il cesse tout effet sur la colonne de direction et émet une alarme vers le conducteur : signal sonore et voyant ;

Les contrôles du système **Optiboard** concernent :

- Les entrées, issues des capteurs ou transmises par le véhicule : les mesures qui leur sont associées sont contrôlées.
- Un autotest réalisé automatiquement à chaque mise sous tension.

3.2.1. Fiabilité et disponibilité

Il faut noter qu'aucune défaillance du système ne nécessite une intervention en ligne. La procédure prévue consiste à poursuivre l'exploitation en mode manuel puis à procéder au remplacement de l'élément défaillant en fin de service du véhicule.

La défaillance d'un élément n'empêche jamais une exploitation en mode de conduite manuelle.

3.2.2. Maintenabilité

Optiboard intègre un certain nombre de dispositions constructives permettant de faciliter sa maintenance.

Identification d'un composant défaillant

A chaque séquence d'autotest, si une anomalie est détectée, le système se met en mode Défaut et sauvegarde sur une mémoire non volatile le diagnostic établi. En exploitation, tout diagnostic conduisant à une mise en mode Défaut est sauvegardé.

Une prise *diagnostic*, située au niveau du poste de conduite, permet de relier le calculateur de maintenance au boîtier électronique.

Cet équipement permet de réaliser les opérations d'identification du sous-ensemble défaillant. Il s'agit d'opérations de niveau 2 : opérations simples de maintenance préventive ou corrective effectuées par échange standard de sous-ensembles, équipements ou organes sur le véhicule.

Le calculateur de maintenance donne accès au journal des diagnostics établis suite à la détection d'une défaillance. L'Interface de cet outil permet à l'agent de maintenance d'avoir accès à une aide en ligne pour le guider dans l'identification du sous-ensemble défaillant. Un manuel d'aide à la localisation d'avaries est par ailleurs fourni lors de la formation à la maintenance.

Opérations de réglage

Après le remplacement d'un sous-ensemble ou à la suite d'une intervention sur le véhicule susceptible d'affecter le réglage d'un équipement du système, il faut procéder à une opération de calibrage et à un test d'accostage.

3.2.3. Formation à la maintenance

Le programme de formation du personnel à la maintenance du système **Optiboard** comprend :

- L'apprentissage des procédures de localisation d'avarie (logigramme de localisation d'avarie, basé sur l'autotest et sur le diagnostic établi) ;
- Réalisation des opérations de maintenance préventive ;
- Formation aux opérations de calibrage ;
- Mise en œuvre et maintenance des outillages.

Le programme ci-dessus n'inclue pas la formation à la pose/dépose des équipements; celle-ci est réalisée par le constructeur du véhicule, responsable de l'intégration des équipements. Le programme de ces formations est établi de façon conjointe.

4. PRINCIPES DE DEFINITION DES TRAJECTOIRES

4.1. Tracé

L'étude de l'insertion du système **Optiboard** doit prendre en compte les contraintes de vitesse commerciale, de confort, d'emprise disponible et d'accessibilité des stations. La position du tracé du marquage pour assurer l'accostage en station dépend des trajectoires possibles du véhicule en amont de la station et de l'existence d'un alignement droit suffisant pour permettre la transition Autorisé / Assisté. **Optiboard** permet toujours de minimiser l'écart au quai.

4.1.1. Hypothèses de base

Le tracé de la ligne est défini avec des paramètres généralement retenus en transports guidés :

- Vitesse maximale admissible dans la zone considérée (vitesse constante pour le même arc) ;
- γ_L max. : accélération maximale admissible : $1,3 \text{ m/s}^2$ pour le respect du confort des passagers ;
- Jerk maximal $0,6 \text{ m/s}^3$ pour le respect du confort des passagers.

Ces paramètres peuvent être modifiés si des contraintes particulières d'insertion l'obligent, ces zones étant traitées au cas par cas.

4.1.2. Principe d'approche dans une station

La trajectoire est étudiée pour optimiser les lacunes horizontales aux différentes portes du véhicule. Elle tient compte du dévers de la voie. Ce dévers doit être maîtrisé et connu. Une valeur de 2% est courante mais les optimisations du tracé de la trajectoire au sol permettent de s'adapter à toutes les valeurs pour obtenir les mêmes lacunes. La trajectoire prend également en compte le fait que le véhicule n'est pas monotraxe et donc jamais aligné. Le "crabe" du véhicule caractérise ce désalignement. Ce crabe résulte à la fois des tolérances de fabrication et d'une composante induite par les pneumatiques. De plus le dévers transversal de la route est pris en compte dans l'étude de trajectoire.

4.1.3. Principe de la sortie de la station

Le profil de la trajectoire de sortie dépend des caractéristiques de l'environnement après la station, en particulier de la longueur de l'alignement droit qui la prolonge. En fonction du type d'environnement ou de véhicule, il peut être nécessaire de prévoir un chasse-roue après le quai.

4.1.4. Etudes de trajectoires

Ces travaux fournissent la trajectoire, le profil de vitesse souhaitable et optimisent les performances d'accostage et de confort.

Des données d'entrée sont nécessaires à la réalisation des études d'insertion, notamment les fonds de plan du site.

5. INFRASTRUCTURES : DIMENSIONNEMENT ET INTERFACES

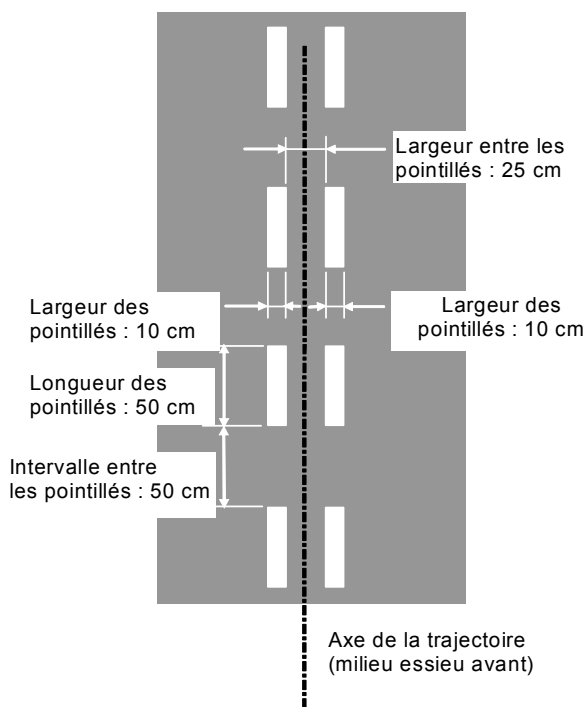
5.1. Introduction

L'infrastructure strictement nécessaire à **Optiboard** est un marquage au sol. Pour des raisons de facilité de conduite, de sécurité, de confort et d'interfaces véhicule/quai, le tracé du marquage et les trajectoires du véhicule qui en résultent doivent être soigneusement étudiés et optimisés en tenant compte de contraintes sur le tracé général de la ligne et le positionnement des stations.

Les études d'insertion sont également indispensables car elles ont un lien avec la sécurité du système de transport. En effet, pour répondre aux exigences d'accessibilité les quais des stations sont aménagés pour réduire les distances horizontales et verticales au niveau des portes lorsque le véhicule est à l'arrêt.

5.2. Infrastructures sol

5.2.1. Marquage



Spécification



Exemple de réalisation

La largeur de la double bande de pointillés pour le guidage est de 450 mm. De part et d'autre de cette double bande de 450 mm de large, une largeur de 300 mm doit être libre de tout autre marquage.

En courbe, il ne doit pas y avoir d'autres marquages sur le sol à une distance inférieure à 750 mm par rapport à l'axe du marquage de guidage.

La couleur donnant le contraste maximum sera privilégiée, Blanc sur fond sombre, Noir sur fond clair. Cependant une légère teinte peut être envisagée bien que cela puisse dégrader légèrement la détection des pointillés.

5.2.2. Plateforme

Il est possible de réaliser le marquage sur une chaussée existante et résistante à l'orniérage.

5.3. Infrastructures en station

5.3.1. Aménagement des quais

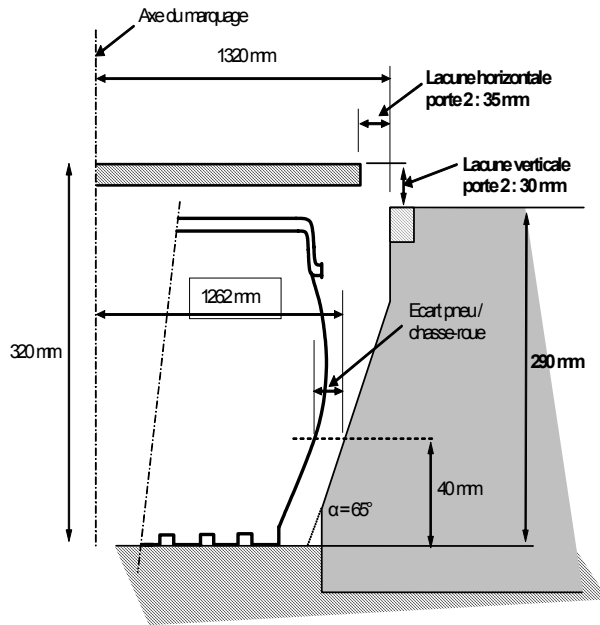
Afin de préserver un haut niveau de sécurité, les bas de quais doivent se présenter comme une pente présentant une surface dure et lisse inclinée à 65° par rapport au roulement.

Cette pente « chasse-roue » assure une butée franche en cas de décalage du véhicule par rapport à sa trajectoire nominale. Sa surface doit être assez lisse pour que le pneu puisse glisser facilement dessus.

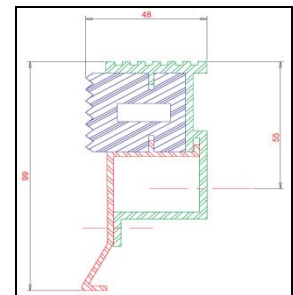
Le nez de quai sera une pièce fusible ajustable rapportée permettant de diminuer les conséquences des contacts de caisse sur le quai et de compenser les imprécisions de réalisation de l'infrastructure ayant un impact sur la lacune horizontale (distance nez de quai / marquage au sol).

Il est souhaitable de terminer la pente chasse-roue côté chaussée par une ligne brisée verticale (hauteur de 20 mm \pm 10) ; cette disposition facilite les mesures lors des essais et la vérification du positionnement du marquage de la trajectoire.

L'utilisation de quais hauts est recommandée car ils permettent de réduire la marche et ainsi de profiter pleinement de l'accessibilité apportée par le système **Optiboard**. Si la ligne de transport doit être partagée, des véhicules non assistés restent utilisables avec ces aménagements ; la lacune horizontale ne sera toutefois pas dans ce cas réduite de manière aussi efficace qu'avec un véhicule assisté. Les préconisations de définition du quai dépendent des caractéristiques géométriques du véhicule.



Profil du quai

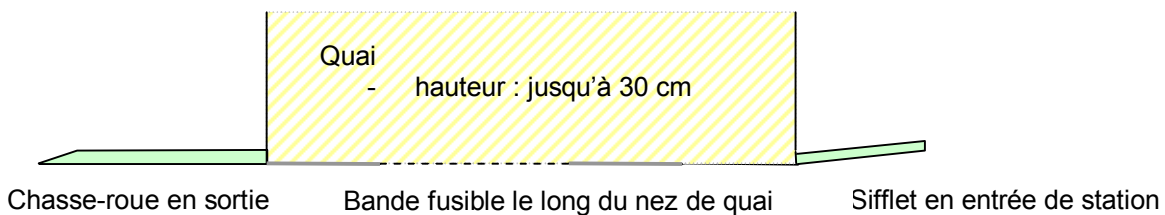


Bande fusible (exemple)

5.3.2. Sifflet en entrée de station et chasse-roue en sortie

Même si la seule infrastructure nécessaire à **Optiboard** est un marquage au sol, il est recommandé de prévoir un sifflet en entrée de station. Ce sifflet est composé d'une bordure de type chasse-roue (surface lisse inclinée à 65° par rapport au roulement) d'une hauteur de 15 cm environ. De même, il pourra être nécessaire, en fonction du tracé, d'ajouter un chasse-roue en sortie de station.

La géométrie de ces deux éléments est schématisée sur la figure suivante.



La configuration station ci-dessus représente le cas nominal mais peut être adaptée.

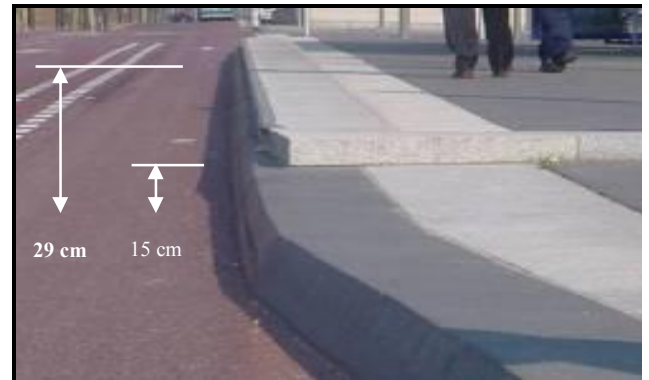
5.3.3. Exemples d'aménagement de station et réalisations

Ce paragraphe illustre les possibilités d'aménagement des stations destinées à recevoir des véhicules équipés **Optiboard**. Toutes ces possibilités visent à assurer de bonnes performances ; évaluées en termes de lacunes à l'accostage mais surtout en termes de sécurité des personnes et des biens.

L'expérience des projets réalisés confirme qu'au cas par cas il est possible d'étudier des solutions de mise en place tenant compte des contraintes d'insertion de la station.

Les aménagements sur un quai sont constitués des éléments suivants :

- Un sifflet d'entrée d'une hauteur maximale de 16 cm sur une profondeur de 30 cm pour permettre son survol par la caisse du véhicule ;
- une bordure chasse-roue sur toute la longueur du quai ;
- une bordure chasse-roue en aval du quai.



Sifflet d'entrée et exemple de réalisation (Nantes – Rouen)

La rampe d'accès pour les Personnes à Mobilité Réduite permettant de rattraper la différence de niveau entre le trottoir et le quai peut être située le long du sifflet d'entrée. Une architecture avec des stations à niveau et une voirie en « cuvette » est tout aussi envisageable (Nantes – Tzen1).

5.4. Infrastructure du dépôt

Pour le calibrage du système ; l'infrastructure nécessaire au dépôt comporte une zone d'évolution où le véhicule peut effectuer un tour complet. Il n'est pas indispensable que du marquage soit implanté sur toute la longueur de la zone.

6. REALISATIONS, PERFORMANCES ET SUIVI DU PRODUIT

Les systèmes de transport équipés du système sont aujourd'hui les seuls systèmes intermédiaires à guidage immatériel qui ont fait leurs preuves aussi bien au niveau réglementaire qu'en exploitation commerciale. L'assistance **Optiboard** bénéficie directement de cette expérience et permet d'en garantir la performance.

Les retours d'expérience sur le système confirment sa robustesse, sa fiabilité, sa disponibilité ainsi que son excellente acceptation par les exploitants et les conducteurs.

6.1. Rouen

TEOR, Transport Est Ouest Rouennais, est un réseau qui comporte depuis 2006 3 lignes, essentiellement en site propre, avec 52 stations équipés pour le guidage optique et 30 km aménagés. Le parc comprend 66 véhicules guidés. L'exploitation commerciale a débuté en 2001.

Depuis sa mise en service, la fréquentation du réseau TEOR a considérablement augmenté. Les voyageurs ont attribué une note « Qualité » de 16,2 / 20 au système TEOR (pour comparaison, le tramway a obtenu 15,7 / 20).

Outre le plébiscite des voyageurs, le système de guidage optique est également loué par les conducteurs :

- 100 % des conducteurs le considèrent comme utile ;
- Plus de 80 % des conducteurs se sentent plus disponibles, plus vigilants et moins stressés.

Enfin, preuve des qualités et des avantages du système, le réseau TEOR a obtenu la Palme de l'Accessibilité 2005 décernée par le magazine Ville & Transports.

6.2. Bologne

L'agglomération de Bologne a décidé de réaliser une ligne d'une vingtaine de kilomètres pour 49 trolleybus avec guidage à l'accostage.

Projet en cours, l'exploitation commerciale doit débuter courant 2016.

6.3. Nîmes

Nîmes Métropole a choisi pour sa 1ère ligne BHNS le système de guidage Optiguide. D'une longueur de 4km, et disposant de 11 véhicules 18m, le système est en exploitation commerciale depuis Septembre 2012.

6.4. Castellon

La province de Valence a mis en exploitation commerciale un tronçon en guidage continu à Castellon de la Plana (Juin 2008). Une extension de ce réseau est en exploitation commerciale depuis décembre 2014.

Fin du document