

GUIDE DE CONCEPTION DE CARREFOUR A FEUX

Objet	Description des méthodes de conception d'un ouvrage de signalisation lumineuse : génie-civil et électrique, équipements, documentation, procédure de la conception à la mise en service
Dernière modification	15/06/2015 (version initiale 17/02/2012)
Version	3.1
Auteur du document	Gildas GRENIER



SOMMAIRE

1	DOMAINE D'APPLICATION.....	7
1.1	Champ d'application.....	3
1.2	Contenu.....	3
2	REFERENCES.....	
3	NORMES.....	
4	DEFINITIONS.....	
5	la SIGNALISATION LUMINEUSE.....	7
5.1	Analyse fonctionnelle et de sécurité routière.....	7
5.2	Aménagement et signalisation.....	7
5.3	Régulation de trafic.....	7
5.4	Sécurité du travail.....	7
5.5	Matrice de sécurité.....	8
6	LE GENIE-CIVIL.....	10
6.1	Les réseaux souterrains.....	10
6.2	Fourreaux.....	10
6.3	Regards.....	10
6.4	Massifs.....	10
6.5	Les armoires.....	11
7	LE GENIE ELECTRIQUE.....	12
7.1	Régime de terre.....	12
7.2	Câbles.....	12
7.3	Connexions.....	12
8	LE MATERIEL DE SIGNALISATION LUMINEUSE.....	13
8.1	Généralités.....	13
8.2	Les supports.....	13
8.3	Les signaux.....	13
8.4	Les armoires.....	14
8.5	Les contrôleurs de carrefours.....	14
8.6	La détection (micro-régulation et comptage).....	14
8.7	La télésurveillance.....	15
9	DOCUMENTATION.....	16
9.1	Le plan de Génie Civil.....	16
9.2	Le plan de Génie électrique.....	16
9.3	Le plan d'implantation.....	16
9.4	Le dossier de carrefour.....	16
10	CONDITIONS DE REALISATION DE L'OUVRAGE.....	17
10.1	Exploitation des carrefours existants.....	17
10.2	Etablissement du projet.....	17
10.3	Réalisation des travaux.....	17
10.4	Mise en service : Vérification d'Aptitude Technique (VAT).....	18
10.5	Vérification de Service Régulier (VSR).....	18
10.6	Remise des ouvrages de signalisation lumineuse.....	19

1 DOMAINE D'APPLICATION

1.1 Champ d'application

Les équipements de Régulation du Trafic routier « RT » comprennent différents types de matériel, parmi lesquels on peut citer :

- La signalisation lumineuse des carrefours équipés de feux, y compris les giratoires traversés par le tramway/busway.
- Les équipements de contrôle d'accès des aires piétonnes.
- Les équipements du système Info Circulation : les Panneaux à Messages Variables (PMV), les Panneaux de Jalonnement Dynamique des parkings et les caméras.

Le présent guide a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des équipements de **signalisation lumineuse**. Des guides spécifiques traitent des équipements des autres domaines.

Très souvent, les équipements d'info circulation sont réalisés en mutualisant les infrastructures de signalisation lumineuse. Le présent guide constitue donc l'ossature des guides spécifiques aux autres domaines.

1.2 Contenu

Le guide a pour objectif de définir les objectifs fonctionnels, tant à la mise en service initial qu'en cours d'exploitation.

Il traite du choix du matériel, du génie-civil et du câblage pour son installation, mais aussi de la documentation à produire et des procédures pour exécuter les travaux sur un équipement en exploitation ou encore des essais nécessaires à la mise en service.

2 REFERENCES

Les différents matériels font appels à la signalisation routière, apprise par l'utilisateur à l'auto-école : le « code de la route ».

Il constitue un langage, défini pour partie dans le cadre des conventions sur la circulation et la signalisation routière internationale signées à Vienne en 1968. La France définit la signalisation s'appliquant sur son territoire en se conformant à ces principes au travers de l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR). Nantes Métropole se doit de n'utiliser que ces signaux pour être compris de tout usager.

Plus particulièrement, dans le domaine de la régulation de trafic, on fait référence :

- À la sixième partie de l'IISR qui traite des feux de circulation permanents : la signalisation lumineuse.
- Et à la neuvième partie de l'IISR, qui traite de la signalisation dynamique.

Ces textes évoluent régulièrement dans le cadre des expérimentations menées par les collectivités locales en lien avec la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière (DSCR). Ils sont disponibles sur le [site Internet](#) de la DSCR.

Ces textes définissent non seulement les signaux autorisés, mais aussi les règles d'implantation, de fonctionnement ou encore de sécurisation à appliquer.

Ils constituent donc le fondement de tout projet de signalisation lumineuse à Nantes Métropole.

Le décret du 21/12/2006 relatif à l'accessibilité de la voirie précise également les exigences pour la prise en compte des handicaps, notamment pour les personnes aveugles et malvoyantes.

Les équipements de RT sont des matériels qui fonctionnent avec l'électricité. D'où la nécessité de se référer aux règles de sécurité correspondantes, pour garantir la sécurité tant des usagers que des agents ayant à exploiter et à maintenir l'ouvrage. Les règles de conception sont définies dans les normes françaises et européennes. L'application de ces normes est rendue obligatoire, pour ce qui concerne le contrôleur de carrefour dans l'arrêté du 18 juin 2003 et les signaux lumineux par l'arrêté du 26 juillet 2012.

Le retour d'expérience des exploitants de ces ouvrages fait l'objet d'échanges professionnels au travers des multiples groupes de travail : AITF, CEREMA, STRMTG. Les guides publiés fournissent un recueil du savoir faire acquis au fil du temps. Ils constituent ainsi les règles de l'art à l'époque de leur publication.



3 NORMES

Les infrastructures réalisées doivent répondre à des exigences de performance : tenue aux conditions d'environnement, caractéristiques optiques des signaux, sécurité fonctionnelle des contrôleurs de carrefour, échange de données avec les équipements centraux, etc. Elles doivent aussi être conçues pour en permettre l'exploitation et répondre aux objectifs assignés. Enfin, l'infrastructure doit être maintenue en bon état. Les qualités des équipements comme les prestations de service (mise en œuvre, maintenance) sont décrites dans les normes publiées par le Comité Européen de Normalisation (CEN) et l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

Ci-dessous, on trouvera une liste des principaux documents applicables.

NF EN 50 556	septembre 2011	Système de signaux de circulation routière
NF EN 12368	septembre 2006	Equipement de régulation de trafic – Signaux
NF EN 12675	décembre 2000	contrôleurs de signaux de circulation routière – Exigences de sécurité fonctionnelle
NF EN 50293	mars 2001	compatibilité électromagnétique - Système de signaux de circulation routière
XP ENV 13563	juillet 2000	Equipement de régulation de trafic – Détecteurs de véhicules
NF P99-000	décembre 1991	Régulation du trafic routier – feux de circulation – Terminologie
NF P99-020	mai 1991	Régulation du trafic routier – signaux lumineux d'intersection – Contrôle de la tenue aux conditions d'environnement
NF P99-021	juin 1991	Régulation du trafic routier – signaux lumineux d'intersection – Méthodes d'essai pour la mesure des caractéristiques optiques
NF P99-022-1	septembre 2003	Régulation du trafic routier – contrôleurs de carrefours à feux – Méthode d'essai des contrôleurs – partie 1 : essais des sécurités fonctionnelles
NF P99-050	septembre 1992	Régulation du trafic routier – carrefours à feux – principes de maintenance
P 99-060	mars 1994	Régulation du trafic routier – carrefours à feux – Conditions de mise en œuvre des équipements
NF P99-071-1	septembre 2002	Régulation du trafic routier par feux de circulation – Spécification du dialogue standard contrôleur – partie 1 : spécifications DIASER
XP P99-071-2	novembre 1999	Régulation du trafic routier par feux de circulation – Spécification du dialogue série contrôleur – partie 2 : définition des profils minimaux d'utilisation de DIASER
NF P99-100	septembre 2003	contrôleurs de signaux de circulation routière – Caractéristiques complémentaires des sécurités fonctionnelles d'usage
NF P99-105	mai 1991	Régulation du trafic routier – contrôleurs de carrefours à feux – Caractéristiques fonctionnelles
NF P99-200	octobre 2006	Régulation du trafic routier – signaux lumineux de circulation routière – Caractéristiques techniques
NF S32-002	décembre 2004	Dispositifs répéteurs de feux de circulation à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes
NF EN 50086		Fourreau TPC

4 DEFINITIONS

Les éléments constitutifs d'un carrefour à feux sont nombreux. Un vocabulaire a commencé d'être défini en France, dans la norme P 99-000. Le présent document s'appuie essentiellement sur ce document.

5 LA SIGNALISATION LUMINEUSE

5.1 Analyse fonctionnelle et de sécurité routière

L'emploi des feux de circulation a pour but d'assurer la sécurité des piétons et des usagers des véhicules et d'améliorer la fluidité de la circulation.

Il doit donc répondre simultanément à deux objectifs : sécurité des conflits et régulation des flux en favorisant le passage d'un flux ou d'un mode vis-à-vis d'un autre.

En première étape, une analyse fonctionnelle et de sécurité routière permet de définir les capteurs nécessaires, les logigrammes décrivant les règles de fonctionnement, les signaux lumineux, la matrice de sécurité en rapport avec la géométrie et la cinématique des mobiles.

Le fonctionnement est également intimement lié à la géométrie de l'espace public : dimension des refuges piétons, position des traversées piétons et des couloirs de circulation, dimension de la zone de conflit, vitesse possible des mobiles notamment en giration, masque à la visibilité, lisibilité de l'aménagement, etc. Ces éléments doivent être pris en compte de façon à obtenir un fonctionnement et un aménagement cohérent du point de vue de tous les usagers.

Certains carrefours sont également positionnés à proximité des appareils de voie du tramway. La gestion de ces derniers se fait avec un automatisme, qui commande la signalisation ferroviaire spécifique, appelée « signal de manœuvre ». Cet équipement est sous maîtrise d'ouvrage de l'exploitant SEMITAN. L'interfaçage des deux signalisations doit donc être étudié.

5.2 Aménagement et signalisation

L'objectif essentiel à atteindre dans ce domaine est de garantir la lisibilité et la visibilité des signaux : ainsi l'implantation des mobiliers urbains et arbres ne doit pas masquer la visibilité du signal principal.

Dans le cas des giratoires traversés par un tramway ou un bus, les implantations, les orientations, la nature et le fonctionnement des signaux sont à respecter pour réduire le nombre d'accident.

L'aménagement (implantation des signaux et capteurs, zone des conflits, rayon de giration ...) doit être cohérent avec le diagramme et assurer la sécurité de tous les modes, et notamment des piétons.

Les textes de référence sont :

- La norme P 98-350, qui définit les îlots - refuges piétons ; une largeur de 2,00 m est souhaitée, avec un minimum strict de 1,50 m.
- La norme NF S 32 002, qui définit les répéteurs sonores des signaux piétons destinés aux personnes aveugles et mal - voyantes.

Les guides publiés par le CERTU, apportent de multiples recommandations.

5.3 Régulation de trafic

L'ouvrage est conçu pour permettre :

- La prise en compte des piétons, dont les piétons les plus fragiles : enfants, personnes âgées, aveugles. Il s'agira de minimiser les durées de traversées, mais aussi d'éviter les informations ambiguës tant visuelles que sonores.
- La prise en compte des cyclistes en optimisant la sécurité du franchissement.
- La prise en compte des transports en commun en optimisant le délai d'attente du VTC en fonction du contexte instantané, mais aussi en veillant à l'acquittement dans les délais les plus brefs afin de crédibiliser le feu rouge aux yeux des mobiles antagonistes.
- L'adaptation aux conditions de circulation automobile, mesurées grâce aux capteurs et en lien avec la stratégie de régulation (durées de vert en particulier). Il intègre également des boucles de comptage destinées à renseigner la collectivité tant sur les débits que sur les temps de parcours.
- Les installations sont télé - surveillées pour réduire les délais de signalement des défauts

Des guides spécifiques décrivent les exigences particulières, notamment pour ce qui concerne les cycles de feu pour le tramway et le Chronobus.

5.4 Sécurité du travail

L'installation réalisée devra être conçue pour en permettre l'exploitation et la maintenance en sécurité.

L'ouvrage électrique sera conçu :

- En conformité à la NF C 17-200 et aux normes CEM.

- Pour permettre les interventions de maintenance par des agents habilités BR (UTE C 18-510)
- Pour permettre les travaux sans consignation d'ouvrage électriques externes. Les équipements RT ne doivent pas être dans l'environnement électrique des lignes aériennes nues sous-tension : tramway, EDF ...

Les équipements seront positionnés pour permettre l'accès à l'ouvrage sans que l'agent ne soit placé dans la trajectoire des mobiles. En particulier, les ilots supportant les poteaux de feu sont dimensionnés pour permettre à l'agent d'intervenir en sécurité sur le signal et sur la connexion en partie basse du poteau. La porte de visite du poteau est orientée en conséquence.

Le stationnement du fourgon utilisé quotidiennement pour la maintenance doit être prévu à proximité de l'armoire.

Les regards sont dimensionnés et positionnés pour permettre à l'agent chargé des travaux d'accéder aux fourreaux et aux câbles sans être à proximité immédiate des trajectoires des mobiles ; la fermeture de la voie tramway ou routière doit être l'exception.

5.5 Matrice de sécurité

Le calcul des durées de la matrice de sécurité tient compte de la vitesse des mobiles, des trajets et distances à parcourir pour atteindre le point de conflit et des longueurs des véhicules de grande dimension tels les tramways.

Les vitesses retenues sont les valeurs standards précisés ci-dessous, sauf cas particulier du carrefour considéré, justifiant de retenir une vitesse plus faible.

La durée résulte du calcul de la différence entre la durée de dégagement de l'utilisateur qui sort de la zone de conflit et la durée d'engagement de l'utilisateur à l'atteindre : on peut ainsi déduire la durée d'engagement, correspondante au temps mis par le mobile, dont le signal passe au vert, pour atteindre la zone de conflit. Les durées se basent sur les principes suivants :

▪ Piétons

La durée de dégagement permet à un piéton engagé sur le passage piéton matérialisé par les bandes blanches réglementaires, à la dernière seconde de vert d'un signal R12 ou d'extinction d'un signal R25 d'atteindre le trottoir opposé ou un refuge piéton intermédiaire en temps utile. Le calcul se base sur les hypothèses suivantes :

- La vitesse est de 1 m/s,
- Le piéton traverse en suivant l'axe de la traversée.

Un îlot intermédiaire dans une traversée peut être retenu en tant que refuge piéton s'il fait une dimension minimale de 1,50 m, non compris les marquages périphériques. Si ce refuge sert aussi pour les cyclistes, il doit avoir une dimension minimale de 2 m.

▪ Vélos

La durée de dégagement permet à un cycliste engagé à la dernière seconde de jaune fixe d'un signal R13c de dégager la zone de conflit en temps utile. Le calcul se base sur les hypothèses suivantes :

- La vitesse retenue est de 5 m/s.

▪ Bus

La durée de dégagement permet à un conducteur de bus engagé à la dernière seconde de jaune fixe d'un signal R13b de dégager la zone de conflit en temps utile. Le calcul se base sur les hypothèses suivantes :

- La vitesse retenue est de 10 m/s.

▪ Tramway

La durée de dégagement permet à un conducteur de tramway ou bus engagé à la dernière seconde du disque ou du verticale si la séquence de disque est escamoté, d'un signal R17/R18 de dégager la zone de conflit en temps utile. Le calcul se base sur les hypothèses suivantes :

- La vitesse retenue est de 10 m/s, sauf vitesse inférieure proposée par l'exploitant TC, pour tenir compte des vitesses en ligne, stations, courbes, manques de visibilité et autres particularités.
- Vis-à-vis des automobilistes, la durée de dégagement permet à l'avant de la rame de dégager la zone de conflit.
- Vis-à-vis des piétons, dont les personnes aveugles et mal voyantes, l'arrière de la rame doit avoir dégagé la zone de conflit. Pour ce faire, la détection permet de contrôler l'occupation de la

traversée. Une temporisation peut être utilisée si les longueurs et vitesses des rames restent homogènes.

- Afin de favoriser la prise en compte d'une éventuelle rame croiseur, la durée de dégagement peut être relevée pour synchroniser la réouverture des signaux antagonistes.

▪ **Automobile**

La durée de dégagement permet à un automobiliste engagé à la dernière seconde de jaune fixe d'un signal R11/R14 ou à la troisième seconde de rouge clignotant d'un signal R24, de dégager la zone de conflit en temps utile.

Les sas vélo sont généralisés sur les lignes de feu R11 des carrefours ; le calcul se base donc sur les hypothèses suivantes :

- La distance à dégager par l'automobiliste débute à sa ligne d'effet des feux et la vitesse retenue est de 10 m/s. On peut déduire la durée d'engagement, correspondante au temps mis par le mobile, dont le signal passe au vert, pour atteindre la zone de conflit.
- Pour le cycliste en approche du carrefour à feux, sa vitesse lui permet de s'arrêter aisément au pied du feu, lorsque celui-ci passe au jaune. La durée de dégagement des cyclistes est donc calculée avec pour objectif que le cycliste ayant franchit la ligne d'effet du signal R11 à la dernière seconde de vert, ait dégagé la zone de conflit en temps utile. La durée du rouge est calculée en fonction de la longueur de la zone de conflit, d'une vitesse de 5 m/s et en retranchant la durée de jaune (3 sec en cas général).
- La durée de rouge de dégagement à programmer dans la matrice retiendra la durée la plus défavorable, pour l'automobiliste ou le cycliste : soit la valeur maximale obtenue dans les deux calculs.

Dans le cas de signaux R11j, R24 placés à l'entrée d'un giratoire, le trajet à prendre en compte correspond au cas d'un automobiliste effectuant un demi tour au carrefour en franchissant successivement les deux demi-traversées.

6 LE GENIE-CIVIL

6.1 Les réseaux souterrains

Ils sont réalisés suivant les dispositions de la norme P 99-060 et du Règlement de Voirie.

6.2 Fourreaux

La règle est de « ceinturer » le carrefour à feux. Dans le cas de carrefours traversés par le **tramway**, il est impératif de prévoir **2 traversées distinctes** de la plate-forme, afin de disposer d'une traversée sous plate forme en cas d'indisponibilité de la seconde.

Le nombre de fourreaux sera défini en respectant la règle du tiers d'occupation.

Les fourreaux sont en TPC rouge, annelé extérieur, lisse intérieur, aiguillés (par filin d'aiguillage nylon résistant à 100 daN) :

- Diamètre 110 : liaison entre chambre
- Diamètre 90 : liaison de la chambre au poteau ; le fourreau doit pénétrer d'au moins 10 cm dans le pied du poteau. Dans le cas particulier de pose d'équipement RT sur candélabre EP, le réseau EP est détourné dans la chambre RT la plus proche, la liaison entre cette chambre et le candélabre est réalisée par 1 seul fourreau TPC 110.
- Diamètre 63 : liaison entre la boucle et le regard de boucle

La multitubulaire du tramway intègre **1 fourreau Ø 100** sous maîtrise d'ouvrage RT sur toute la longueur de la ligne : il est destiné en particulier à héberger les câbles de transmission reliant les contrôleurs au PC de circulation ou encore à faciliter les échanges d'information pour l'interfaçage avec les équipements de transport en commun (boucle, signalisation ferroviaire, etc).

Cas particulier des équipements situés sur la plate-forme (Boucles – Feux tramway) : les fourreaux peuvent être posés dans le béton de plate-forme (les diamètres de fourreaux respecteront ceux décrits ci dessus).

Fournir un PV de mandrinage, réalisé après terrassement.

6.3 Regards

Les regards seront visitables et positionnés sur trottoirs. On évitera la pose des chambres aux « points de stationnement » des piétons ; en particulier la pose dans les surbaissés de trottoir est proscrite.

Les tampons de chambre seront conformes à la norme EN124. Le poids d'un tampon de chambre ne saura excéder 30 kg. Il est souhaitable de prévoir des tampons à remplissage « Résine ».

Trois modèles sont prévus :

- Type L1T : chambre standard
- Type L2T : une devant chaque armoire
- Regard visitable 30x30 cm : connexion des queues de boucles.

Les chambres seront conformes à la norme NF P98-050.

Le drainage en fond de chambre devra permettre d'éviter la stagnation d'eaux pluviales.

Les fourreaux devront pénétrer perpendiculairement à la chambre.

Les masques de chambre devront être reconstitués après la pose des fourreaux (ces derniers devront être arasés) et avant déroulage des câbles

Cas particulier des boucles tramway ou bus : en vue de faciliter le repérage et la maintenance de ces boucles, il sera posé un regard au droit de chaque boucle en dehors du G.L.O. (soit sur le séparateur voirie - plate-forme si celui-ci est assez large, sinon sur le trottoir), la queue de boucle sera protégée des perturbations électromagnétiques par une tresse de cuivre.

Il conviendra également de prévoir de poser à proximité immédiate du carrefour au moins **une** chambre de la multitubulaire du tramway et une liaison de 2 TPC110 avec le réseau RT (pour câbles boucles, feux tramway, télésurveillance)

6.4 Massifs

Les massifs sont posés en tenant compte du niveau sol fini et des préconisations nécessaires pour assurer la rupture des poteaux fusibles. Les tiges d'ancrage sont graissées avant la pose et protégées par

bouchon type **KAPTIGE** bourré de graisse. Le montage du poteau sur le massif permet d'assurer le réglage de verticalité et de nivellement, tout en maintenant l'appui de la semelle sur le massif.

Une câblette de terre (5ml de cuivre nu 25²) sera posée en fond de fouille et raccordée au poteau, pour évacuer la foudre.

6.5 Les armoires

Sur les carrefours les plus courants, une seule armoire suffit à recevoir les équipements. Le cas échéant, une deuxième armoire peut être ajoutée ; le branchement électrique et le châssis du contrôleur ne seront alors pas dans la même enveloppe afin de faciliter les opérations de renouvellement du châssis du contrôleur.

Les armoires 142/97 qui intègrent le branchement ERDF devront intégrer sur le côté droit un coffret S22 haut avec pastille de télé report.

Les serrures 3 points des armoires seront de type Thirard SL.

Les massifs doivent être posés de façon à permettre l'ouverture facile des portes (attention au niveau du sol fini).

Les armoires sont dos à l'ouest de façon à limiter la pénétration de la pluie lors des opérations de maintenance. Il faut également prendre garde au masque de visibilité que peut engendrer le volume de(s) armoire(s).

7 LE GENIE ELECTRIQUE

Il est réalisé suivant les dispositions des normes NF C 17-200 et P 99-060

7.1 Régime de terre

Schéma des liaisons de terre : Type TT

Chaque armoire possédera sa prise de terre individuelle (10 ohms souhaité).

Les liaisons équipotentielles seront réalisées par le conducteur de protection VJ de chaque câble, lui-même relié par liaison indémontable à la terre individuelle du poteau.

Rappel : on ne raccordera qu'un conducteur V/J par borne.

7.2 Câbles

Câble de puissance : U1000RO2V,

- 7G2.5 pour les signaux tricolores (R11, R17),
- 5G2.5 pour les signaux bicolores (R12, R24),
- 3G2.5 pour les signaux unicolores,
- 2x2.5 pour les « CAP ».

Câble d'équipement des poteaux : AO7RNF (nombre de conducteurs adapté au signal à alimenter).

Câble de boucles : 2x2.5 mm², blindé EDV ou similaire.

Câble de télésurveillance : 14 paires 8/10^{ème} série 89. Il est posé 1 câble en liaison entre chaque armoire, ce câble sert également à réaliser les renvois de boucles entre les carrefours.

Câble Ethernet : 4 paires, blindé paire/paire, catégorie 6a F/FTP ou S/FTP

Fibre optique : câble micro-gaine monomode type G.652.D, 9/125(6, 24, 48, 96, ou 144 brins)

Toutes les extrémités de câbles U1000RO2V sont protégées par manchon caoutchouc type HELEVIA

Les câbles sont repérés aux extrémités et dans les regards.

L'affectation des conducteurs et le repérage des câbles est définie dans le cahier des charges « Repérage RT ».

7.3 Connexions

En pied de poteau, l'interface câble puissance/câble équipement est fait par un bornier IP21 débrochable, type RT de Entrelec.

Dans l'armoire, les câbles de puissance sont connectés sur un bornier IP20 minimum, sectionnable et permettant la connexion de 2 conducteurs de section 2.5mm² par borne.

Dans l'armoire, le câble de boucle est raccordé sur le connecteur 11 broches type amphénol, du détecteur, le fil écran du câble blindé doit être raccordé au circuit de terre côté armoire.

Dans l'armoire, le câble télésurveillance est raccordé sur une tête type Mecerlec RDI 20, 14 paires (vissé/vissé).

Les câbles FO seront raccordés dans un boîtier PBBO/C 3M. Ce boîtier sera fixe sur une grille sur la joue gauche de l'armoire. Les connecteurs seront de type SC/PC.

Cas particulier de la pose d'un signal sur support caténaire : le câble de puissance sera directement raccordé dans le signal (pas de bornier). La remontée aéro - souterraine sera réalisée par tube inox 18/10, fixée sur le support caténaire. Des brides de fixation spécifiques seront utilisées pour ne pas avoir à percer le support.

La connexion dans le regard, entre la queue de boucle et le câble, est réalisée par jonction thermo rétractable.

8 LE MATERIEL DE SIGNALISATION LUMINEUSE

8.1 Généralités

Les équipements sont conçus, en tenant compte de :

- la réglementation : IISR-6^{ème} partie,
- les normes EN, AFNOR et UTE
- les recommandations du CERTU

Ils sont

- adaptés à la maintenance par des agents habilités « BR » au sens de l'UTE C 18-510
- conçus pour l'exploitation par les techniciens (paramétrage) du service RT et les opérateurs du PC
- cohérents avec le patrimoine du service dans l'objectif de minimiser le coût de maintenance, les délais d'approvisionnement et les délais de réparation définitive.

La couleur des mobiliers, lorsqu'elle n'est pas imposée par la réglementation routière, respecte les couleurs suivantes :

Périmètre	Couleur	RAL
Nantes hors ile de Nantes et 50 otages	Vert nantais	Pas de RAL
50 otages	Gris	Pas de RAL
Ile de Nantes	Marron	8017 mat
Autre cas	Vert nantais ou Gris lumière	7035

8.2 Les supports

Ils comportent une porte d'accès au bornier (fermée par vis M8) et sont dimensionnés pour assurer la résistance mécanique à l'arrachage par le casseur.

- Ils sont de type RT (mat bi section, diamètre minimum 89 en haut et 150 en bas),
- Ils sont fusibles (voir guide STRMTG). La fiche d'agrément du STRMTG est à fournir.
- Pour la couleur, le vert métropolitain est à privilégier.

La pose des signaux peut aussi se faire sur :

- Les candélabres d'éclairage public, sous réserve d'une double porte (porte haute pour bornier RT, basse pour coffret EP).
- Les supports des lignes aériennes de contact (voir préconisations de la SEMITAN).

La pose en entrevoie des plates formes tramway est à éviter, lorsqu'elle ne permet pas aux agents d'intervenir en sécurité sur le poteau et ses équipements, alors que les rames circulent.

8.3 Les signaux

Ils sont conformes aux normes EN 12-368, S 32-002, NF P 99-200 : fournir les fiches d'essais photométriques et colorimétriques.

Les signaux définis dans la norme européenne (R11, R22, R13, R14, R15, R16, R24) sont de **type W – B2/1** et la valeur de **l'effet fantôme** est de **classe 4**.

Les signaux à pictogramme et signaux circulaires de diamètre autres que 200 ou 300 sont définis dans la norme française (R12, R17/R18, et les répétitions arrière des R11)

Les signaux R25 et les Signaux d'Aide à la Conduite « SAC » respectent les préconisations en cours de publication par le CERTU et le STRMTG.

Les caractéristiques principales sont :

- Classe II
- Indice de protection : IP55
- Tension d'alimentation des signaux : bitension 127V – 230 v
- Les lentilles de tous les signaux principaux sont en Ø 200mm, celles des signaux en bout de potence, ou des feux fléchés sont en Ø 300mm.
- Les signaux piétons sont équipés d'une répétition pour aveugles et malvoyants

- Les signaux objet de la norme NF P 99-200 (répétiteurs des R11, R17, R12) ou encore les SAC sont équipés de source à LED en raison de leur durée de vie et de leur performance optique.
- Le matériel accessible au piéton est conçu pour résister aux actes de vandalisme

8.4 Les armoires

Elles sont conformes aux normes EN 60529, EN 50298, EN 1169.

Les armoires respectent les indices minimum suivants : **IP44 – IK10**

L'armoire et son massif sont :

- en matériaux rigides pour résister au vandalisme,
- esthétiquement homogène avec le parc en place pour réduire le côté disparate des mobiliers et faciliter la maintenance,
- peints par défaut en « vert nantais » ou sinon en harmonie avec l'environnement.
- Conçus pour réduire le collage d'affiche et faciliter son nettoyage

Ses dimensions et ses points de fixations internes permettent de recevoir les châssis :

- pour un contrôleur de carrefour : largeur typique de 97 cm et hauteur 142 cm
- Pour le raccordement des équipements (boucles par exemple) trop éloignées du carrefour, on utilise une armoire dite « relais » : hauteur typique de 90 cm, largeur de 63 cm ou 125 cm

Elle est équipée d'une clef uniforme sur le parc, pour faciliter l'accès des agents d'exploitation et de maintenance, ainsi que les agents du distributeur d'énergie électrique. La référence est communiquée par le service Régulation de Trafic.

8.5 Les contrôleurs de carrefours

L'Arrêté du 18 juin 2003, relatif à l'attestation de conformité des contrôleurs de feux permanents fixe les spécifications techniques applicables, en référence aux normes EN 12-675, NFC 70-238, NF P 99-100, NF P 99-105, NF P 99-110

Tous les défauts mineurs sont contrôlés : classe CE1 pour l'absence de signaux jaunes ou vert.

Le contrôleur est monté sur un châssis pré-câblé au maxi de ses possibilités en puissance, pour 12, 24 ou 32 lignes

Le contrôleur permet la micro - régulation. La prise en compte des bus est réalisée conformément aux guides spécifiques de Nantes Métropole.

- Tramway : fonctionnel R17 Tramway
- Bus : GRT_051 - 0_T_003_21_Specificationsfonctionnelles_SolR17-R11

Chaque contrôleur est équipé de l'afficheur de maintenance.

Tous les équipements devront être repérés conformément aux plans d'exécution.

8.6 La détection (micro-régulation et comptage)

Elle est conforme aux normes XP ENV 13-563 et P 99-301.

Lors de la réalisation, les fiches d'essais et de mesures des boucles doivent être produites.

Détection sélective du tramway/busway : type fréquence 8 codes minimums. La détection sélective (fréquence) est maintenue par la détection magnétique. La détection doit être fiabilisée pour éviter les rebonds de détection. Les boucles doivent respecter les caractéristiques définies par le fournisseur de la solution de détection Capsys. Leur forme et position tiennent compte des écarts de trajectoire des véhicules non guidés (Busway, Chronobus ...) et du temps d'acquisition du récepteur.

Localisation du bus par échange sol-bus : elle s'appuie sur la norme DIASER (NF P 99-071). Le guide « GRT_050 - 0_T_005_12_Specificationsfonctionnelles_systemedegestionembarquee.pdf » explicite les principes mis en œuvre par Nantes Métropole pour le système embarqué.

Détection des voitures : électromagnétique avec boucle de 60 à 180 µH. Les boucles sont en majorité bidirectionnelles. Toutefois dans les voies de faible largeur, on réalise des boucles unidirectionnelles.

Les boucles dites de « comptage » sont des boucles bidirectionnelles. Elles sont placées de façon à compter un seul véhicule à la fois (1 boucle par file de circulation). La position de ces boucles se situe à une distance typique de 120 m (de 80m à 150m) à l'amont de la sortie du tronçon, afin de mesurer le débit et le taux d'occupation. La position des tronçons est définie par le service RT, en tenant compte de l'homogénéité des conditions de circulation.

8.7 La télésurveillance

Elle est conforme aux normes en vigueur (DIASER)

Le système DIASER devra couvrir l'ensemble des systèmes utilisant les équipements de terrain :

- carrefour à feux
- mesure de trafic
- télésurveillance
- prise en compte des VTC
- dialogue avec les autres contrôleurs (en réseau)

Le contrôleur dispose d'un serveur Web pour permettre de connaître sur place ou depuis le PC, l'état en temps réel (et l'enregistrer) des variables, ou encore le journal de bord.

Les contrôleurs de carrefour traversés par une ligne de transport en commun à haut niveau de service (tramway, busway, Chronobus) doivent être équipés d'une liaison permanente avec le PC, afin de permettre à l'exploitant de mener des enregistrements continus du fonctionnement et procéder aux diagnostics appropriés. De même, les contrôleurs de carrefour mettant en œuvre les fonctions de station de comptage (mesure des temps de parcours), nécessitent une liaison permanente :

- Il sera possible de paramétrer une adresse dans le contrôleur afin de permettre les échanges avec le PC DIASER sur une liaison multipoint. L'adresse sera intégrée aux messages entre le caractère de début | STX | et le caractère de fin | ETX | et la valeur du checksum doit prendre en compte l'adresse.
- La transmission vers le PC Nantes Métropole devra être réalisée en mode TCP/IP :
 - soit sur réseau cuivre en S-GHDSL. Pour des raisons d'homogénéité et de compatibilité avec l'existant, le modem devra être un serveur d'accès ETH/V24 sur DSL type COPPERWAY de CXR Anderson-Jacobson.
 - Soit sur réseau fibre optique. Pour des raisons d'homogénéité et de compatibilité avec l'existant, le switch devra être de type Hirschmann RS30 ou RS40.
 - Soit sur liaison ADSL. Dans ce cas la liaison ADSL et le modem/box (fonctionnement en mode bridge) devra permettre l'établissement d'un VPN SSL.
- Une solution basée sur une transmission hertzienne (GPRS par exemple) peut être étudiée en fonction de sa fiabilité et de son aptitude aux objectifs du service RT.

Les autres contrôleurs de carrefour doivent être raccordés au minimum par une liaison non permanente, afin de transmettre les alarmes de pannes au PC.

9 DOCUMENTATION

La documentation est destinée à permettre au Maître d’Ouvrage de connaître son patrimoine. Elle doit permettre d’en assurer l’exploitation et la maintenance. Elle comprend la nomenclature du matériel mis en œuvre, ainsi que les plans de l’ouvrage. Elle est réalisée en référence à la charte graphique du service Régulation de Trafic.

Les plans sont classés en plusieurs types :

9.1 Le plan de Génie Civil

Ce document positionne les réseaux de Signalisation Lumineuse : fourreaux, chambres, massifs, armoires et supports, etc. Le nombre et la nature des éléments sont précisés.

9.2 Le plan de Génie électrique

Il comprend :

- L’araignée du carrefour, où doit figurer le cheminement des différents câbles et les matériels
- Le schéma de déroulage précisant la nature des câbles utilisés, le nombre de conducteurs par câble, etc.
- Les câbles de transmission des données entre organes

9.3 Le plan d’implantation

Ce plan est essentiellement un plan de situation du matériel. Il comprend également toutes les informations nécessaires à la compréhension du fonctionnement du carrefour, tant en mode normal qu’en mode dégradé.

Sur ce plan doivent donc figurer les symboles des signaux lumineux et capteurs, mais aussi la signalisation verticale et horizontale et les bandes d’éveil de vigilance. Le fond de plan voirie figure les bâtiments, trottoirs, chaussées, plate-forme tramway, refuges piétons et les masques à la visibilité (arbres, mobiliers, etc).

9.4 Le dossier de carrefour

Il comprend :

- La page de garde avec la liste des modifications
- Le plan schématique du carrefour avec la signalisation horizontale, verticale, lumineuse et les capteurs
- Les lignes de feux : bornier, nom, type, ligne logique, affectation par borne,
- La matrice de sécurité, accompagnée de la nature des lignes de feux, leur identifiant et les vitesses de référence prises en compte.
- Les borniers de raccordement des entrées et sorties
- Le combinatoire décrivant les variables exploitées pour la régulation avec les durées paramétrées (temps maxi, délai d’approche, etc)
- Le phasage. Il représente les phases principales du cycle de feu.
- Le diagramme. Ce document représente le cycle de feu en temps fixe, les séquences micro-régulées et la matrice de sécurité.
- La nomenclature. Elle présente le matériel mis en œuvre : poteaux, signaux, contrôleurs, bornes, capteurs, équipement de transmission, etc
- Le programme exécutable à charger dans le contrôleur

10 CONDITIONS DE REALISATION DE L'OUVRAGE

En préambule, il est rappelé que :

- Le pouvoir de police en agglomération est détenu par le Maire de la commune.
- Le service Régulation de Trafic (RT) est « l'exploitant » des ouvrages de régulation de trafic de la Nantes Métropole, au sens de l'UTE C 18-510.

En conséquence :

10.1 Exploitation des carrefours existants

Dans le cadre des travaux (exemple travaux de déviation des réseaux ou chantier d'aménagement), si la signalisation lumineuse doit être maintenue en service, la procédure à mettre en œuvre est la suivante :

- Le chef de projet propose un plan de chantier, mettant en œuvre la signalisation **permanente**
- Le service Régulation de Trafic, en lien avec le PC Circulation le valide
- Le Maire établit l'arrêté, le cas échéant
- Le chef de projet procède aux travaux préparatoires de modification de la signalisation lumineuse
- Lorsque les travaux sont achevés, le service RT et le chef de projet procèdent aux essais de mise en service

Toutefois, l'expérience acquise sur les chantiers du tramway a montré, que cette procédure ne pouvait être correctement réalisée : absence de visibilité des signaux, détérioration des équipements électriques, disparition de matériel, implantation des supports et câbles incompatibles avec l'avancement du chantier. En conséquence, la règle générale est d'utiliser la signalisation temporaire, car elle est plus adaptée au contexte des chantiers :

- Le chef de projet propose un plan de chantier, mettant en œuvre la signalisation **temporaire**
- Le pole, en lien avec le PC Circulation le valide
- Le Maire établit l'arrêté, le cas échéant
- Le chef de projet prépare la signalisation temporaire
- Le service RT et le chef de projet procèdent à la mise hors service de la signalisation lumineuse
- Le chef de projet procède aux travaux de dépose de la signalisation lumineuse. L'entreprise chargée des travaux électriques assure la consignation électrique de la signalisation lumineuse

Remarque :

Il peut être nécessaire de maintenir en service d'autres équipements transitant par l'armoire du carrefour (réseau de télésurveillance, caméras, etc). Les travaux nécessaires à ce maintien seront réalisés en coordination avec le service RT

Le matériel est déposé en bon état et rentré au magasin RT, afin d'en permettre le ré-emploi.

10.2 Etablissement du projet

Dans tous les cas, le projet (de la phase avant projet, projet jusqu'aux plans d'exécution) et toute ses modifications ultérieures seront soumis à la double validation du service RT.

Il convient donc de prévoir, dès la phase avant projet, de pouvoir fournir un plan d'implantation et la matrice de sécurité.

Au stade projet, le maître d'œuvre fournira également le plan de génie civil et le plan de génie électrique de chaque carrefour, ainsi que le dossier de carrefour.

Les documents sont produits en se basant sur la charte graphique RT.

10.3 Réalisation des travaux

La réalisation se fait en trois étapes :

▪ Le génie civil

Les fourreaux, chambres et massifs sont posés.

L'ensemble des fourreaux est mandriné et aiguillé avant déroulage des câbles et après l'achèvement des travaux de voirie (seuls les travaux de revêtement pourront rester à réaliser).

Les ouvrages de RT, dont les fourreaux, sont implantés et relevés en X,Y et Z : cela doit permettre outre d'éviter les problèmes de nivellement, d'accélérer la réalisation des plans de récolement.

- **Le déroulage des câbles**

- **La pose des matériels**

Pour éviter la détérioration des matériels, la pose des feux et armoires sera réalisée après l'achèvement de la voirie (seuls les travaux de revêtement resteront à réaliser). Le maître d'œuvre vérifiera en particulier l'implantation correcte des signaux, du point de vue de la visibilité : cette implantation devra être réalisée sur le terrain afin de pallier les imperfections du projet.

10.4 Mise en service : Vérification d'Aptitude Technique (VAT)

Elle ne pourra être réalisée que si les travaux sont terminés, en particulier la signalisation verticale, horizontale et les îlots - refuge piéton doivent être mis en œuvre et conformes au projet. Les vérifications doivent avoir été effectuées au préalable à la mise en service d'un carrefour à feux.

Le Maître d'œuvre assure avec les entreprises et fournisseurs les essais destinés à vérifier le montage et câblage des équipements sous sa propre responsabilité.

Un bureau de contrôle, assure la vérification de conformité (sécurité routière et électrique) en présence d'un représentant du service Régulation de Trafic. S'agissant d'un dispositif destiné à assurer la sécurité des personnes, le contrôle devra être exhaustif.

- **Dossier de mise en service**

La documentation transmise peut à ce stade être celle du dernier projet. Le dossier de mise en service est transmis au service Régulation de Trafic au plus tard 48 heures avant la date de mise en service souhaité. Il comprend :

- Le plan d'implantation
- Le diagramme
- Les minutes de récolements
- Le rapport des mesures et vérifications des câblages, signé du Maître d'œuvre en référence à la norme P 99-060.
- Le rapport d'un bureau de contrôle en matière de sécurité routière en référence au Livre I.
- Le rapport d'un bureau de contrôle en matière de sécurité électrique en référence à la norme NF C 17 200.

- **Arrêté de police.**

Si le dossier est conforme, le Maire prend l'arrêté de police.

- **Télésurveillance**

Mise en service et essais des équipements de télésurveillance (câblage, équipements de transmission), en lien avec les opérateurs du PC Circulation.

- **Maintenance**

Le chef de projet assure la maintenance de l'ouvrage jusqu'à la remise à Nantes Métropole. Il convient donc que cette prestation soit intégrée au marché aussi bien en termes de temps qu'en termes de fourniture du matériel : un service d'astreinte doit être disponible pour une intervention sous 4 heures maximum, tous les jours. Le Maître d'ouvrage assure les réponses aux Déclarations de projet de Travaux « DT » et Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux « DICT ».

10.5 Vérification de Service Régulier (VSR)

Les installations complexes mettant en œuvre notamment les stratégies de prise en compte des transports en commun à haut niveau de service nécessitent une période de VSR : celle-ci a pour but de vérifier, au moyen des indicateurs appropriés, que les incidents de prise en compte sont identifiés et en nombre limité. Les corrections sont à apporter en tenant compte de l'origine de la perturbation : l'infrastructure, les conditions d'environnement de la circulation routière ou d'exploitation du transport en commun.

La réception a lieu au terme d'une période de VSR satisfaisante.

10.6 Remise des ouvrages de signalisation lumineuse.

▪ Support informatique

Afin d'éviter les erreurs de mise à jour des différents plans, toutes les informations nécessaires sont regroupées dans un seul fichier et établies conformément à la charte graphique du service Régulation du Trafic.

▪ Dossier de remise d'ouvrage

La remise des ouvrages ne pourra être réalisée qu'à la condition que les documents suivants aient été fournis, en sus de ceux du dossier de mise en service. Ces documents sont définis dans la norme P 99 060.

La documentation transmise est à ce stade celle du récolement. Il serait souhaitable que ce dossier soit fourni complet en une seule fois.

- Les plans de récolement (voir charte graphique en annexe).
- le dossier d'étude (au format Excel ou Libre Office) actualisé (suite aux modifications éventuelles en phase de VSR)
- Le listing programme
- Plan d'implantation des équipements dans les armoires et repérages.
- Plan de câblage interne à l'armoire, y compris pour les armoires relais.
- Plan de câblage des têtes de raccordement des câbles de télésurveillance.
- Nomenclature du matériel posé (sous forme informatique).
- Fiches d'essais de conformité des matériels aux normes dont les essais photométriques des signaux
- Les Procès-verbaux de mandrinage des fourreaux.
- Le dossier de récolement fibre optique comprenant les :
 - La fourniture d'un cahier de recette au format électronique au format Fiber cable ou équivalent et au format PDF.
 - La fourniture des courbes de réflectométrie au format Fiber cable ou équivalent et au format pdf dans les deux sens et aux deux longueurs d'ondes (1310 nm et 1550 nm)
 - La fourniture du récolement des boîtiers ou boîtes de raccordements optiques