

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M. Ing.

PAR
GROLEAU, Jonathan

ÉTUDE SUR LA CONFIGURATION DES BANDES RÉTRORÉFLÉCHISSANTES
UTILISÉES SUR LES REPÈRES VISUELS EN ZONE DE TRAVAUX.

MONTRÉAL, LE 26 AOÛT 2008

© Jonathan Groleau, 2008

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Michèle St-Jacques, directeur de mémoire
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Gabriel J. Assaf, codirecteur de mémoire
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Frédéric Monette, président du jury
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Edmond T. Miresco, membre du jury
Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 18 JUILLET 2008

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Avant tout, l'auteur tient à remercier madame Michèle St-Jacques de l'École de technologie supérieure (ÉTS) pour son support constant tout au long de la réalisation de ce projet et des nombreuses années le précédent. Madame St-Jacques a été sur le plan professionnel la personne la plus influente dans la jeune carrière de l'auteur. Merci beaucoup Michèle!

L'auteur tient à remercier le ministère des Transports du Québec et plus particulièrement monsieur Claude Nazair du Service de l'exploitation de la Direction du soutien aux opérations et monsieur Michel Tremblay du Service des matériaux d'infrastructures ainsi que l'École de technologie supérieure sans qui ce projet de recherche n'aurait pu être possible.

Monsieur Richard Pépin de 3M Canada et monsieur Luc Nantel de Avery Dennison doivent également être remerciés pour leur commandite en pellicules rétroréfléchissantes.

L'auteur tient également à remercier monsieur Gabriel J. Assaf, codirecteur de ce mémoire, messieurs Jean-Philippe Roy, Clyde Crevier, Jean-René Coté, Tarek Agal, Luc Pellecuer et Alexandre Beaupré, étudiants aux cycles supérieurs en génie de la construction à l'ÉTS ainsi que M. Maxime Roberge pour leurs différentes contributions lors du projet.

ÉTUDE SUR LA CONFIGURATION DES BANDES RÉTORÉFLÉCHISSANTES UTILISÉES SUR LES REPÈRES VISUELS EN ZONE DE TRAVAUX

GROLEAU, Jonathan

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur la configuration des bandes rétroréfléchissantes utilisées sur les repères visuels en zone de travaux. Cette étude est en réponse à une problématique rencontrée par le ministère des Transports du Québec (MTQ). Le MTQ a remarqué un phénomène d'éblouissement chez les automobilistes créé par ses repères visuels à l'intérieur des zones de travaux.

Dans le but de comparer les repères utilisés par le MTQ avec ceux utilisés ailleurs dans le monde, une revue bibliographique mondiale des équipements utilisés par d'autres administrations routières a été réalisée. Cette revue a fait ressortir, entre autres, que la surface rétroréfléchissante des balises québécoises est deux fois plus importante que la moyenne mondiale et qu'elle rétroréfléchie approximativement 2,8 fois plus de lumière.

Afin de déterminer les caractéristiques permettant l'élaboration d'une configuration de bandes rétroréfléchissantes optimale, trois phases d'expérimentations sur différentes configurations ont été réalisées. La méthode utilisée consistait à évaluer des prototypes en les comparant avec les balises actuellement utilisées sur les chantiers routiers. Certaines conclusions ont été tirées de ces expérimentations. Ainsi, la visibilité des balises est liée à la quantité de surface rétroréfléchissante et à une bonne répartition des bandes sur la longueur jugée utilisable des balises. La lisibilité est liée au contraste des couleurs utilisées et au contraste de luminescence.

Les meilleurs prototypes avaient une combinaison de couleurs orange et noire. Ce sont les seuls prototypes à avoir été jugés supérieurs à la configuration actuellement utilisée par le MTQ. Ces prototypes ont été abandonnés, car, selon le comité de suivi du MTQ, des balises possédant moins de bandes rétroréfléchissantes subiraient une dégradation et une perte de rétroréflexion accélérées des pellicules en condition de chantiers. Il a également été jugé que la couleur noire n'entrant pas dans un concept d'uniformisation avec les administrations routières voisines. Un vaste lot de prototypes orange et blanc a aussi été testé. Les commentaires recueillis ainsi que l'analyse des photographies mènent à dire que la cause de l'éblouissement ou la création de halo est causée par la pellicule blanche. Il est toutefois important de rappeler que les essais ont été réalisés avec des pellicules rétroréfléchissantes neuves dont la capacité de rétroréflexion était maximale.

Les recommandations suivantes peuvent être faites. Une étude à grande échelle en conditions réelles de chantier devrait être menée avec des configurations de couleurs orange et noire. À partir de ces résultats, s'il s'avérait que la sécurité des usagers n'était pas diminuée et que la relation entre le coût et la longévité de la pellicule était positive, l'introduction d'une telle configuration serait envisageable et souhaitable.

ÉTUDE SUR LA CONFIGURATION DES BANDES RÉTORÉFLÉCHISSANTES UTILISÉES SUR LES REPÈRES VISUELS EN ZONE DE TRAVAUX

GROLEAU, Jonathan

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the configuration of the retroreflective stripping used on traffic control devices (tcds) within road work zones. This study is in response to a problematic situation encountered by the Quebec ministry of Transport (MTQ). The MTQ has noticed that drivers experience a glare phenomenon created by these traffic control devices.

In order to compare the Quebec tcds with those used by other road administrations, a world literature review of the equipments used around the world has been completed. This review has shown that the Quebec tcds have an apparent retroreflective surface of about two times greater than the average of the other world tcds. Furthermore, the theoretical retroreflected light of the MTQ's tcds is about 2.8 times greater than the world average.

To determine which characteristics lead to the elaboration of an optimal retroreflective stripping configuration, three experimenting phases were performed on different configurations. The experiment consisted of a comparative evaluation between prototypes and the Quebec's current tcds. Among many others, the following conclusions have been drawn. The tcds' visibility is linked to the quantity of retroreflective surface and to a good repartition of the stripping along the tcds' usable length. The conspicuity is linked to color and brightness contrast.

The best prototypes had a color pattern of orange and black. Only these prototypes have been judged better than the MTQ's tcds. The MTQ has decided not to keep these prototypes, based on the belief that tcds with fewer retroreflective strippings would undergo a faster degradation and an accelerated loss of retroreflexion under construction condition. Additionally, it has been judged that the color black does not fit well into the concept of uniformity with the neighbouring road administration. Numerous orange and white prototypes were tested. The comments collected, as well as the analysis of the pictures taken, lead to claim that the cause of glare is caused by the white stripes. It is however important to remember that the trials were conducted with new retroreflective stripes which had a maximum retroreflective capacity.

The following recommendations can be made. A wide scale study should be performed with real road work site conditions on orange and black striped prototypes. Following this study, if it is proven that these types of configurations do not lower the safety, and if the relation between cost and tcds' life is good, the introduction on the road of these types of configurations should be possible and recommended.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 NOTION DE RÉTRORÉFLECTIVITÉ	3
1.1 Types de réflexion de la lumière	3
1.2 La rétroréflexion	5
1.2.1 Le coefficient de rétroréflexion	6
1.2.2 Les angles d'éclairage et d'observation	6
1.3 Pellicule rétroréfléchissante	9
1.4 Type de pellicule	12
CHAPITRE 2 REVUE DES PRATIQUES ET NORMES EN VIGUEUR	14
2.1 Québec	14
2.2 Canada	21
2.2.1 Ontario	24
2.2.2 Manitoba	29
2.2.3 Colombie-Britannique	33
2.2.4 Saskatchewan	37
2.2.5 Nouveau-Brunswick	40
2.2.6 Terre-Neuve et Labrador	42
2.3 États-Unis	46
2.3.1 National MUTCD	46
2.3.2 Supplément de l'état du Nebraska	54
2.3.3 Supplément de l'état de la Virginie	55
2.3.4 Supplément de l'état du Texas	57
2.4 Australie (South-Australia State et Queens State)	58
2.5 Nouvelle-Zélande	61
2.6 Belgique (région Wallonne)	63
2.7 France	67
2.8 Synthèse	76
CHAPITRE 3 ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE I	79
3.1 Choix des configurations	79
3.2 Description et facteurs contrôlés	89
3.2.1 Véhicules et sources lumineuses	89
3.2.2 Lieu	92
3.3 Essais	93
3.3.1 Déroulement	93
3.3.2 Évaluation	95
3.3.3 Balises testées	96
3.3.4 Résultats et analyse	102
3.4 Configurations retenues et rejetées	105

3.4.1	Balises rejetées	105
3.4.2	Balises retenues	106
CHAPITRE 4	ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE II	108
4.1	Caractéristiques des configurations.....	108
4.2	Conditions des essais	114
4.2.1	Véhicules et sources lumineuses.....	114
4.2.2	Lieu	117
4.3	Essais.....	118
4.3.1	Déroulement	118
4.3.2	Évaluation	119
4.3.3	Balises et configurations testées	120
4.3.4	Résultats et analyse	123
4.4	Configurations retenues et rejetées	129
CHAPITRE 5	ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE III	130
5.1	Caractéristiques des configurations.....	130
5.2	Conditions des essais	134
5.2.1	Véhicules et sources lumineuses.....	134
5.2.2	Lieu	134
5.3	Essais.....	135
5.3.1	Déroulement.....	135
5.3.2	Évaluation	136
5.3.3	Balises et configurations testées	137
5.3.4	Résultats et analyse	139
CHAPITRE 6	ÉTUDE DE COÛT	144
6.1	Coût attribué aux pellicules rétroréfléchissantes.....	144
6.2	Analyse coût vs balises testées.....	145
CONCLUSION		147
ANNEXE I	GUIDE POUR LE CHOIX DES PELLICULES (FHWA)	151
ANNEXE II	VÉHICULES LES PLUS VENDUS AU CANADA	153
ANNEXE III	PHOTOS DES BALISES DE LA PHASE II ET III	154
LISTE DE RÉFÉRENCES		160

LISTE DES TABLEAUX

	Page	
Tableau 1.1	Coefficient de rétroréflexion – pellicule de type I-IV.....	12
Tableau 1.2	Coefficient de rétroréflexion – pellicule de type V-X.....	12
Tableau 2.1	Dimensions T-RV-7, T-RV-8, T-RV-9.....	15
Tableau 2.2	Coefficient de rétroréflexion du type III.....	16
Tableau 2.3	Coefficient de rétroréflexion du type VII.....	16
Tableau 2.4	Dimension des T-RV-3.....	17
Tableau 2.5	Dimension des T-RV-10.....	18
Tableau 2.6	Dimension des T-RV-1.....	19
Tableau 2.7	Type de repère vs intervention.....	28
Tableau 2.8	Caractéristiques des repères de la Saskatchewan.....	39
Tableau 2.9	Stratégie par état.....	47
Tableau 2.10	Caractéristiques des repères australiens.....	60
Tableau 2.11	Caractéristiques des repères néozélandais.....	62
Tableau 2.12	Propriétés des balises « K5 »	69
Tableau 2.13	Caractéristiques rétroréfléchissantes à l'état sec.....	70
Tableau 2.14	Caractéristiques rétroréfléchissantes à l'état mouillé.....	70
Tableau 2.15	Caractéristiques rétroréfléchissantes.....	72
Tableau 2.16	Synthèse des dispositifs analysés (géométrie)	77
Tableau 2.17	Synthèse des dispositifs analysés (rétroréflexion)	78
Tableau 3.1	Synthèse des dispositifs analysés, phase I : (géométrie)	87
Tableau 3.2	Synthèse des dispositifs analysés, phase I (rétroréflexion)	88

Tableau 3.3	Résultats de l'évaluation des balises phase I	102
Tableau 3.4	Résultats de l'évaluation préférentielle phase I	104
Tableau 3.5	Classement de l'évaluation préférentielle phase I	104
Tableau 4.1	Synthèse des dispositifs analysés, phase II (géométrie).....	112
Tableau 4.2	Synthèse des dispositifs analysés, phase II (rétroréflexion)	113
Tableau 4.3	Résultats de l'évaluation des balises phase II, espacement à 2 m.....	123
Tableau 4.4	Comparatif : hauteur des balises vs critères, espacement 2 m	124
Tableau 4.5	Résultats de l'évaluation des balises phase II, espacement 5 m	126
Tableau 4.6	Comparatif : hauteur des balises vs critères, espacement 5 m.....	127
Tableau 5.1	Synthèse des dispositifs analysés, phase III (géométrie)	132
Tableau 5.2	Synthèse des dispositifs analysés, phase III (rétroréflexion)	133
Tableau 5.3	Résultats de l'évaluation des balises phase III	140
Tableau 5.4	Relation entre type II et type III.....	141
Tableau 5.5	Influence de la largeur des bandes	142
Tableau 6.1	Prix / m ² de la pellicule rétroréfléchissante en fonction du type.....	144
Tableau 6.2	Comparatif des coûts théoriques vs l'évaluation de la performance des balises testées	145

LISTE DES FIGURES

	Page	
Figure 1.1	<i>Réflexion spéculaire</i>	4
Figure 1.2	<i>Réflexion diffuse</i>	4
Figure 1.3	<i>Rétroréflexion</i>	5
Figure 1.4	<i>Angles d'éclairage et d'observation</i>	6
Figure 1.5	<i>Schéma des cas extrêmes pour les angles β et α</i>	8
Figure 1.6	<i>Exemples de grands angles d'éclairage</i>	9
Figure 1.7	<i>Schéma de rétroréflexion prismatique</i>	10
Figure 1.8	<i>Microstructure prismatique</i>	10
Figure 1.9	<i>Pellicule à lentilles encastrées dans une couche de plastique</i>	11
Figure 1.10	<i>Pellicule à billes de verre encapsulées</i>	11
Figure 2.1	<i>T-RV-7, T-RV-8 et T-RV-9</i>	14
Figure 2.2	<i>QC : Cône de signalisation T-RV-3</i>	17
Figure 2.3	<i>T-RV-10</i>	18
Figure 2.4	<i>T-RV-1</i>	19
Figure 2.5	<i>T-RV-6</i>	20
Figure 2.6	<i>TC-61</i>	21
Figure 2.7	<i>TC-62</i>	22
Figure 2.8	<i>TC-63</i>	23
Figure 2.9	<i>TC-54</i>	25
Figure 2.10	<i>Exemple d'utilisation du TC-54</i>	26

Figure 2.11	<i>TC-52</i>	26
Figure 2.12	<i>TC-51A, TC-51B et TC-51C</i>	27
Figure 2.13	<i>MB : « Plastic Drum »</i>	29
Figure 2.14	<i>MB : « Plastic Posts »</i>	31
Figure 2.15	<i>MB : « Traffic Cone »</i>	32
Figure 2.16	<i>BC : « Flexible Drum »</i>	33
Figure 2.17	<i>Repères : types A à D</i>	34
Figure 2.18	<i>BC: Exemple de « Temporary Delineator Posts »</i>	36
Figure 2.19	<i>SK : « Delineator » et « Flexible Drum »</i>	38
Figure 2.20	<i>NB : « Channelizer Barrel »</i>	40
Figure 2.21	<i>NB : « Delineator Post »</i>	41
Figure 2.22	<i>TN : « Construction Marker »</i>	43
Figure 2.23	<i>TN : « Chevron Marker »</i>	44
Figure 2.24	<i>TN: « Temporary Delineator Posts »</i>	45
Figure 2.25	<i>USA : « Drum »</i>	48
Figure 2.26	<i>Utilisation typique des « Drums » (1)</i>	49
Figure 2.27	<i>Utilisation typique des « Drums » (2)</i>	50
Figure 2.28	<i>Utilisation typique des « Drums » (3)</i>	50
Figure 2.29	<i>USA : « Cones »</i>	51
Figure 2.30	<i>USA : « Tubular Markers »</i>	52
Figure 2.31	<i>USA : « Vertical Panel »</i>	53
Figure 2.32	<i>USA : « 42'' Cone »</i>	54
Figure 2.33	<i>USA : « Surface Mounted Delineator »</i>	55

Figure 2.34	<i>USA : « Weighted Channelizer »</i>	56
Figure 2.35	<i>USA : « Cone » et « Edgeline Channelizer »</i>	57
Figure 2.36	<i>AUS : « Bollard »</i>	59
Figure 2.37	<i>Repères utilisés en Nouvelle-Zélande</i>	61
Figure 2.38	<i>Balises de type Ia</i>	63
Figure 2.39	<i>Balises de type Ib</i>	64
Figure 2.40	<i>Balises de type IIa et IIb</i>	64
Figure 2.41	<i>Balises de type IIc et IIId</i>	65
Figure 2.42	<i>Balises de type Ic</i>	66
Figure 2.43	<i>Balises de type K5a et K5b</i>	67
Figure 2.44	<i>Balises de type K5c et K5d</i>	68
Figure 2.45	<i>Utilisation des balises K5c</i>	73
Figure 2.46	<i>Multichevron</i>	73
Figure 2.47	<i>Monochevron</i>	74
Figure 2.48	<i>Exemple d'utilisation des cônes (1)</i>	75
Figure 2.49	<i>Exemple d'utilisation des cônes (2)</i>	75
Figure 3.1	<i>Balise québécoise - T-RV-7 / statu quo</i>	80
Figure 3.2	<i>Position des bandes selon la balise du Manitoba</i>	81
Figure 3.3	<i>Position des bandes selon les balises de la BC et des États-Unis</i>	81
Figure 3.4	<i>Position des bandes selon la balise de la Nouvelle-Zélande</i>	82
Figure 3.5	<i>Prototype basé sur l'Ontario</i>	83
Figure 3.6	<i>Prototype T-RV-8 orange et bleu rétroréfléchissant</i>	84

Figure 3.7	<i>T-RV-8 modifié en bleu et T-RV-8 standard (modifié préféré à 10 contre 5)</i>	85
Figure 3.8	<i>ÉTS 1 : T-RV-8 modifié en bleu non rétroréfléchissant (4 bandes orange rétroréfléchissantes 100 mm)</i>	86
Figure 3.9	<i>ÉTS 2 : T-RV-8 modifié en bleu non rétroréfléchissant (3 bandes orange rétroréfléchissantes 150 mm)</i>	86
Figure 3.10	<i>Ford Focus équipée avec ampoule standard</i>	91
Figure 3.11	<i>Ford Focus équipée avec ampoule PIAA</i>	91
Figure 3.12	<i>Stationnement S2 de l'ÉTS</i>	92
Figure 3.13	<i>Schéma du montage</i>	93
Figure 3.14	<i>Test avec balise du Manitoba (1)</i>	96
Figure 3.15	<i>Test avec balise du Manitoba (2)</i>	96
Figure 3.16	<i>Test avec balise prototype de l'Ontario (1)</i>	97
Figure 3.17	<i>Test avec balise prototype de l'Ontario (2)</i>	97
Figure 3.18	<i>Test avec balise de la Colombie-Britannique (1)</i>	98
Figure 3.19	<i>Test avec balise de la Colombie-Britannique (2)</i>	98
Figure 3.20	<i>Test avec balise de la Nouvelle-Zélande</i>	99
Figure 3.21	<i>Test avec balise prototype ÉTS 1</i>	99
Figure 3.22	<i>Test avec balise prototype ÉTS 2</i>	99
Figure 3.23	<i>Test avec balise T-RV-8 bleue</i>	100
Figure 3.24	<i>Biseau composé 1</i>	100
Figure 3.25	<i>Biseau composé 2</i>	101
Figure 4.1	<i>T-RV-8</i>	108
Figure 4.2	<i>ÉTS 2</i>	109

Figure 4.3	<i>T-RV-8 vs ÉTS 2</i>	109
Figure 4.4	<i>Prototypes ONT-1,2 et ONT-1,0</i>	110
Figure 4.5	<i>T-RV-8 vs Prototypes ONT-1,2 et ONT-1,0</i>	110
Figure 4.6	<i>Prototypes BC-1,2 et BC-1,0</i>	111
Figure 4.7	<i>T-RV-8 vs Prototypes BC-1,2 et BC-1,0</i>	111
Figure 4.8	<i>Ford Focus</i>	114
Figure 4.9	<i>Jaguar Vanden Plas</i>	115
Figure 4.10	<i>Fourgonnette du MTQ</i>	115
Figure 4.11	<i>Ford F-350 de l'ÉTS</i>	116
Figure 4.12	<i>Camion de déneigement du MTQ</i>	116
Figure 4.13	<i>Rue Pullman</i>	117
Figure 4.14	<i>Biseau composé avec espacement de 2 m</i>	120
Figure 4.15	<i>Test avec balise T-RV-8</i>	121
Figure 4.16	<i>Test avec balise ONT-1,2</i>	121
Figure 4.17	<i>Test avec balise BC-1,2</i>	121
Figure 4.18	<i>Test avec balise ÉTS-2</i>	122
Figure 4.19	<i>Test avec balise ONT-1,0</i>	122
Figure 4.20	<i>Test avec balise BC-1,0</i>	122
Figure 5.1	<i>T-RV-8 et T-RV-8 (type II blanc)</i>	131
Figure 5.2	<i>T-RV-8a et T-RV-8b (type II blanc)</i>	131
Figure 5.3	<i>T-RV-8c et T-RV-8d (type II blanc)</i>	132
Figure 5.4	<i>T-RV-8 (type II blanc)</i>	137
Figure 5.5	<i>T-RV-8a</i>	137

Figure 5.6	<i>T-RV-8b (type II blanc)</i>	138
Figure 5.7	<i>T-RV-8c</i>	138
Figure 5.8	<i>T-RV-8d (type II blanc)</i>	138
Figure 5.9	<i>Biseau de T-RV-7 usés</i>	139

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AIPCR	Association Mondiale de la Route
ASTM	American Standard for Testing and Material
ATC	Association des transports du Canada
AUS	Australie
BC	British Columbia / Colombie-Britannique
DHT	Department of Highways and Transportations
DOT	Department of Transportation
DOTARS	Department of Transport and Regional Services
ÉTS	École de technologie supérieure
FHWA	Federal Highway Administration
MB	Manitoba
MTO	Ministère des Transports de l'Ontario
MTQ	Ministère des Transports du Québec
MUTCD	Manual on Uniform Traffic Control Devices
MUTCDC	Manual on Uniform Traffic Control Devices of Canada
NB	Nouveau-Brunswick
NCI	Nippon Carbide Industries
ON	Ontario
OTM	Ontario Traffic Manual
QC	Québec
SETRA	Service d'études techniques des routes et des autoroutes

SK	Saskatchewan
TC	Traffic Control
TCMWR	Traffic Control Manual for Work Roadway
TCDS	Traffic Control Devices
TDPs	Temporary Delineator Posts
TN	Terre-Neuve et Labrador
TTI	Texas Transportation Institute
USA	United States of America

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

cd	candela (unité de l'intensité lumineuse)
km/h	kilomètre par heure (unité de vitesse)
lx	lux (unité de mesure de l'éclairement lumineux)
m	mètre (unité de longueur)
m^2	mètre carré (unité de surface)
mm	millimètre (unité de longueur)
mph	mile per hour (mille à l'heure)
R'	coefficient de rétroréflexion
W	Watts
α	angle d'observation
β	angle d'éclairage
$^\circ$	degré
"	pouce

INTRODUCTION

Les travaux routiers sont de plus en plus fréquents sur le territoire du Québec. La façon de circuler des automobilistes se retrouve donc modifiée fréquemment. Ceci a pour effet une augmentation de divers risques pouvant causer atteinte à la sécurité, non seulement des automobilistes, mais des travailleurs (Nazair, 2006). Il est donc important d'apporter une attention particulière aux zones de travaux.

Conséquemment, le ministère des Transports du Québec, depuis l'adoption en 2001 d'un *Plan d'action en matière de sécurité sur les sites de travaux routiers*, améliore ses différentes techniques et équipements de signalisation. L'une de ces mesures a été l'introduction de nouvelles balises plus communément connues sous le nom de repères visuels. Elles permettent, entre autres, une meilleure visibilité aux abords et à l'intérieur des zones de travaux et de mieux guider les usagers de la route (Nazair, 2006).

Ces nouveaux repères visuels sont dotés de bandes dites rétroréfléchissantes améliorant la visibilité de ces mêmes repères. Une combinaison de bandes blanches de type III et de bandes orange de type VII est utilisée. Cependant, certains employés du MTQ ont remarqué un phénomène d'éblouissement ou de halo qui serait créé par la pellicule rétroréfléchissante. Ceci aurait pour effet de créer un inconfort et pourrait mener à une baisse de la sécurité aux abords et à l'intérieur des chantiers routiers (Nazair, 2006). L'objectif principal du présent ouvrage est donc de recommander une configuration optimale pour les repères visuels à utiliser au Québec. Cet objectif pourra être réalisé en définissant deux sous-objectifs, soit :

- Évaluer de façon globale les repères visuels utilisés par le MTQ;
- Comparer la façon de faire du MTQ avec celles d'autres administrations routières.

Afin de bien cerner les éléments importants à rechercher lors de la revue mondiale ainsi que lors des essais de laboratoire, certaines notions de physique impliquées dans la

rétroréflexion sont détaillées. Cette section permet également d'expliquer la provenance des paramètres standard retenus au Québec pour caractériser les pellicules rétroréfléchissantes. Le relevé des différentes techniques développées au Canada, aux États-Unis, en Europe et ailleurs dans le monde est présenté. Cette section permet d'analyser les principales différences et ressemblances entre la façon de faire du Québec et celles d'ailleurs. Ce relevé résume les types d'équipements utilisés par les différentes administrations routières contactées et effectue l'analyse de leurs caractéristiques rétroréfléchissantes.

Les sections suivantes traitent des essais et résultats obtenus. Des séries d'essais en laboratoire ont été réalisées sur plusieurs configurations de bandes rétroréfléchissantes. Une étude de coûts a également été réalisée. Ces essais et cette étude de coûts permettent d'arriver à une série de constats faisant la lumière sur les possibles causes de la problématique. Des recommandations sont faites afin de cibler les critères importants menant à une configuration optimale.

CHAPITRE 1

NOTION DE RÉTRORÉFLECTIVITÉ

Les produits rétroréfléchissants sont utilisés pour palier à la perte de visibilité des objets la nuit. Cette perte de visibilité est causée par un manque d'éclairage de l'environnement. Cette notion prend d'autant plus d'importance lorsqu'on l'applique à des conditions de circulation routière.

En effet, selon Baass (1993) : « Lors de la conduite de nuit à faible éclairage, les capacités de vision de l'œil humain diminuent. Il perd, notamment, la notion des formes et des contrastes; de même, la perception stéréoscopique et l'estimation de la position et du mouvement d'un objet sont très restreintes. L'acuité visuelle, par exemple, diminue de 20/20 (100%) à 20/35 (57%) la nuit et on a observé une perte d'environ 6 m de distance de visibilité pour chaque accroissement de vitesse de 15 km/h ». Les automobilistes ont donc moins de distance et de temps pour analyser l'information qu'ils voient. Il est donc important d'augmenter la visibilité des objets devant informer le conducteur de conditions particulières de la route telle qu'une zone de travaux routiers.

1.1 Types de réflexion de la lumière

Un objet peut être distingué de par la quantité de lumière qu'il reflète, absorbe ou émet vers un observateur. Trois grands types de réflexion de la lumière existent (Baass, 1993).

Le premier est la réflexion spéculaire ou de type miroir. Lors de ce type de réflexion, la lumière est réfléchie de façon symétrique, c'est-à-dire que l'angle d'incidence et l'angle de réflexion sont égaux. Cette réflexion est causée par une surface d'objet lisse. La figure 1.1 illustre ce type de réflexion.

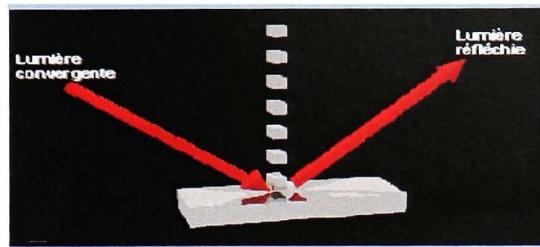


Figure 1.1 Réflexion spéculaire.
(Tiré de NCI France, 2008)

Source : Cette figure est tirée de NCI France, *Nippon Carbide industries S.A.* <http://www.nci-f.fr/>, [En ligne]. [<http://www.nci-f.fr/>] Consulté en mai 2008.

Ce type de réflexion est peu applicable dans le cas de circulation routière, car l'objet devrait être placé à un angle tel que la lumière est réfléchie vers le conducteur (Baass, 1993).

Le deuxième type de réflexion est la réflexion diffuse. Contrairement à la réflexion spéculaire, de par sa surface rugueuse, une réflexion diffuse réfléchit la lumière dans toutes les directions à la fois. Baass (1993) décrit la réflexion diffuse comme suit : « Un réflecteur diffus idéal paraît de brillance égale, indépendamment de la position de l'observateur. Très peu de lumière est cependant renvoyée vers l'observateur ». Un tel objet n'offre donc pas de bonne qualité de visibilité la nuit. La figure 1.2 illustre le fonctionnement d'une réflexion diffuse.

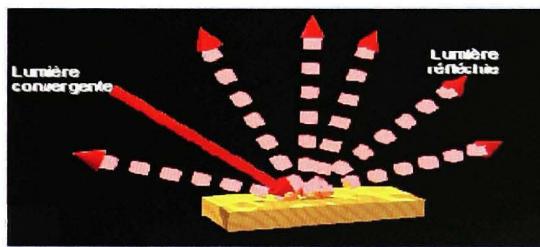


Figure 1.2 Réflexion diffuse.
(Tiré de NCI France, 2008)

Source : Cette figure est tirée de NCI France, *Nippon Carbide industries S.A.* <http://www.nci-f.fr/>, [En ligne]. [<http://www.nci-f.fr/>] Consulté en mai 2008.

Le troisième type de réflexion est nommé la rétroréflexion. « Une surface rétroréfléchissante [...] reflète une large proportion de la lumière incidente dans une direction voisine de celle où elle provient, pour une vaste gamme d'angles d'incidence. [...] C'est la rétroréflexion qui nous intéresse dans le contexte de la signalisation routière. » (Baass, 1993).

La figure 1.3 illustre le fonctionnement de la rétroréflexion.

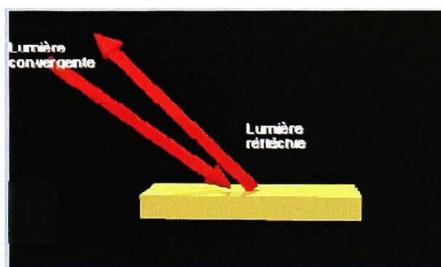


Figure 1.3 Rétroréflexion.
(Tiré de NCI France, 2008)

Source : Cette figure est tirée de NCI France, *Nippon Carbide industries S.A.* <http://www.nci-f.fr/>, [En ligne]. [<http://www.nci-f.fr/>] Consulté en mai 2008.

1.2 La rétroréflexion

Comme décrit précédemment, la rétroréflexion est le phénomène par lequel la lumière est réfléchie dans une direction proche de la source lumineuse d'où elle origine. Cette rétroréflexion permet d'améliorer la vision des objets lorsque la luminosité environnante se retrouve diminuée. Évidemment, la facilité de voir un objet dépend de son aptitude à renvoyer une certaine quantité de lumière. Ici, il faut donc introduire le terme de luminance. Selon Baass (1993), ce terme est souvent confondu avec la brillance d'un objet. La luminance peut être mesurée et correspond donc à une variable photométrique. La brillance, quant à elle, est une sensation psychosensorielle qui ne peut être mesurée et varie d'un individu à l'autre.

Plusieurs facteurs influencent la luminance. Les deux plus importants facteurs sont le coefficient de rétroréflexion et les angles d'éclairage et d'observation.

1.2.1 Le coefficient de rétroréflexion

Le coefficient de rétroréflexion correspond à la caractéristique même du matériau composant la surface appelée à refléter une quantité de lumière. Ce coefficient, appelé R' dans la littérature, est exprimé en $\text{cd} / (\text{m}^2 \cdot \text{lux})$.

Le terme « cd » signifie « candela ». La candela est l'unité de l'intensité lumineuse, c'est-à-dire de l'éclat perçu par l'œil humain d'une source lumineuse (Société dictionnaires Le Robert, 1996).

Le terme « lux », quant à lui, est l'unité de mesure de l'éclairement lumineux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface. Un lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de un lumen par mètre carré (Société dictionnaires Le Robert, 1996).

1.2.2 Les angles d'éclairage et d'observation

Il existe deux angles importants à considérer lors de la caractérisation d'une surface rétroréfléchissante. La figure 1.4 explique comment mesurer les angles β et α .

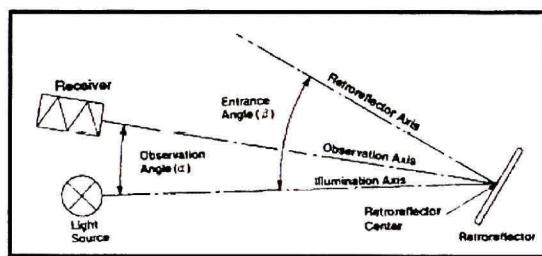


Figure 1.4 Angles d'éclairage et d'observation.
(Tiré de ASTM International, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993). *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes.

Le premier est l'angle d'éclairage (Entrance angle) (β). Comme on peut le constater à la figure 1.4, cet angle correspond à l'angle entre la perpendiculaire à la surface de l'objet éclairé qui correspond au « Retroreflector Axis » et le centre du faisceau de la source lumineuse qui correspond au « Illumination Axis ».

Le deuxième est l'angle d'observation (Observation angle) (α). Toujours à la figure 1.4, cet angle correspond à l'angle entre le centre du faisceau de la source lumineuse qui correspond au « Illumination Axis » et la ligne de vue de l'observateur qui correspond au « Observation axis ».

« [L'objet] a une brillance maximale lorsque l'observateur et les phares sont parfaitement alignés [...] L'angle d'observation α et l'angle d'éclairage β sont alors de 0° . » (Baass, 1993). Dans ce cas, la source lumineuse et l'observateur sont confondus et le faisceau de lumière atteint l'objet avec un angle parfait de 90° . La lumière est alors réfléchie exactement d'où elle provient et donc où se situe l'observateur.

Des mesures standard de ces angles ont été déterminées en définissant les cas extrêmes ou limites qu'un automobiliste peut rencontrer sur la route. Ces cas sont définis par les positions où la vision d'un objet par un automobiliste peut être faite sans qu'il ait à modifier sa façon de conduire.

Les deux positions limites pour l'angle d'observation (α) peuvent être expliquées à l'aide de la figure 1.5. Cette figure montre le cas d'une automobile s'approchant d'un panneau de signalisation. Ici, la lecture du panneau doit commencer au point A (position limite 1) et se terminer au point B (position limite 2).

Le premier cas (position A) correspond à l'observation d'un objet éloigné. L'angle d'observation, qui correspond à l'angle entre le faisceau des phares et l'axe de vision de l'observateur est alors très mince : les deux axes se retrouvent presque parallèles. L'angle d'observation est alors évalué à $0,2^\circ$ (Baass, 1993).

Le deuxième cas correspond à la position B. L'angle de 10° entre la ligne de vue du conducteur et l'axe de la route définit la position du point B. Cet angle correspond à la limite pour une bonne vision sans que le conducteur ne soit obligé de tourner la tête. À cet endroit, l'angle d'observation est équivalent à 2° (Baass, 1993).

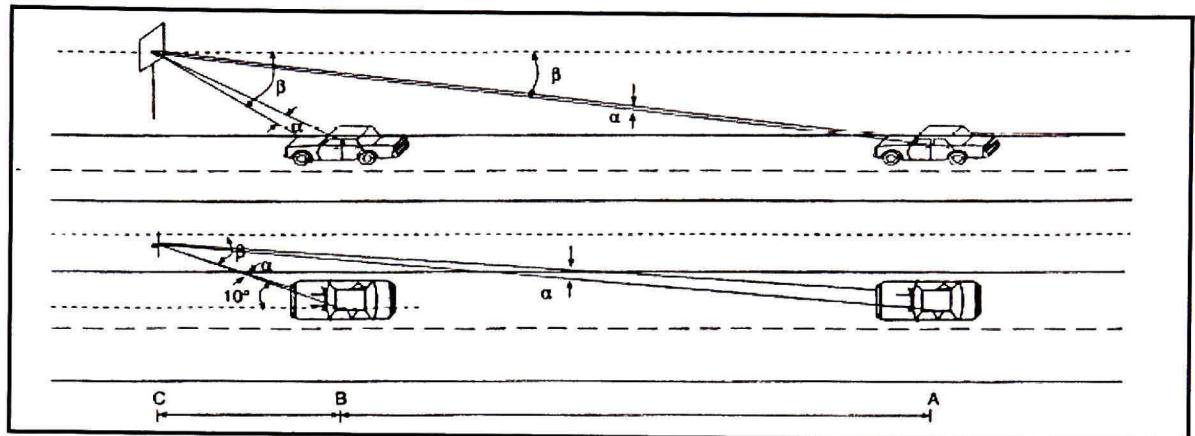


Figure 1.5 Schéma des cas extrêmes pour les angles β et α .
(Tiré de Baass, 1993)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993) *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes.

Pour ce qui est des angles d'éclairage, la première position limite est expliquée à l'aide de la figure 1.6. Cette figure illustre l'exemple de deux cas extrêmes pouvant survenir sur la route. L'image du haut montre un panneau de signalisation situé de l'autre côté d'une intersection où la route est désaxée. L'image du bas fait ressortir le cas d'un véhicule, circulant dans la voie de gauche, qui s'approche d'un panneau situé sur l'accotement. Ces deux cas causent des angularités importantes entre le faisceau du phare de l'automobile et l'axe du panneau. Baass (1993) affirme que cet angle limite correspond à 30° .

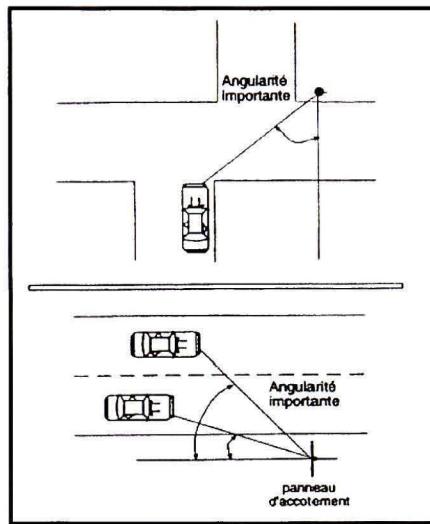


Figure 1.6 Exemples de grands angles d'éclairage.
(Tiré de Baass, 1993)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993). *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes.

La deuxième position limite pour l'angle d'éclairage est de -4° . Baass (1993) explique que l'angle de -4° est produit « lorsque le panneau est installé près du bord de la chaussée et qu'il est tourné vers l'extérieur par rapport à l'axe de la route, afin d'éviter la réflexion spéculaire que l'on observe à des angles très proches de 0° ».

1.3 Pellicule rétroréfléchissante

Comme la plupart des objets ne possèdent pas de caractéristique rétroréfléchissante, des films ou pellicules rétroréfléchissantes ont été développés. On applique donc ces pellicules sur les objets afin d'améliorer leur comportement en condition de visibilité réduite. Il existe deux types de façon de créer le principe de rétroréflectivité.

Le premier type consiste à utiliser une surface dont la microstructure est composée d'une répétition de prisme. Le principe de réflexion spéculaire (section 1.1) est alors utilisé. Le concept est de faire réfléchir la lumière incidente sur les parois des prismes et de la retourner dans la direction d'où elle provient. La figure 1.7 montre le principe de façon

schématique. La figure 1.8 montre un exemple réel de microstructure prismatique, c'est-à-dire ce à quoi ressemble la surface à l'état microscopique. Elle permet de bien distinguer la forme des prismes utilisés pour refléter la lumière.

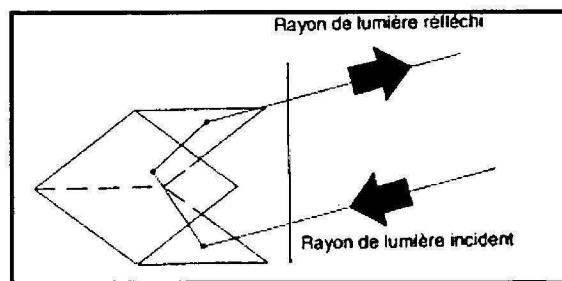


Figure 1.7 Schéma de rétroréflexion prismatique.
(Tiré de Baass, 1993)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993). *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec. Association québécoise du transport et des routes, 1993.

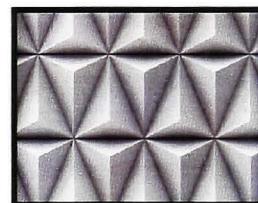


Figure 1.8 Microstructure prismatique.
(Tiré de Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2008)

Source : Cette figure est tirée de Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*, [En ligne].
[<http://www.lcpc.fr/index2.dml>] Consulté en juin 2006.

Le deuxième type consiste à utiliser les microbilles de verre comme lentilles convergentes. Il y a deux types de pellicules utilisant les microbilles de verre qui sont utilisés pour les panneaux de signalisation (Baass, 1993).

Le premier type est dit à lentilles de verre encastrées dans une couche de plastique. « Des millions de minuscules lentilles sphériques de verre sont ici noyées dans une couche de plastique transparent dont la surface extérieure est lisse. Une mince couche métallisée

(aluminium) de réflexion renvoie les rayons lumineux vers leur origine » (Baass, 1993). La figure 1.9 schématise le fonctionnement de ce type de pellicule.

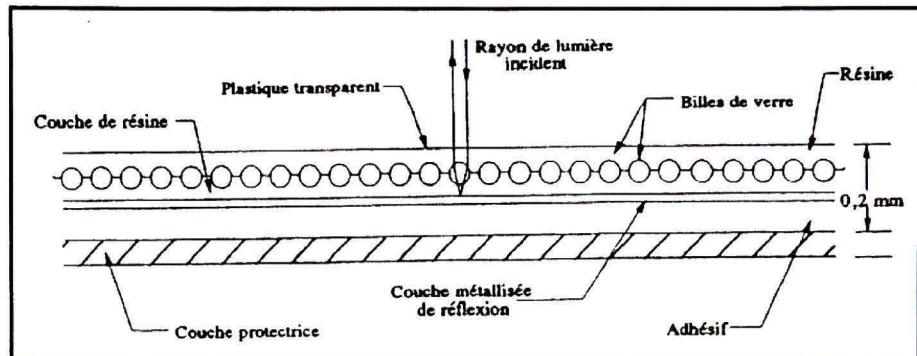


Figure 1.9 Pellicule à lentilles enchâssées dans une couche de plastique.
(Tiré du Baass, 1993)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993) *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes, 1993.

Le second type est dit à billes de verre encapsulées. Ici les microbilles sont à demi noyées dans une couche de plastique transparent. Sur la partie supérieure des billes, une pellicule de plastique est apposée. Une structure hexagonale (nid d'abeille) joint la pellicule de plastique aux microbilles. La figure 1.10 schématise le fonctionnement de ce type de pellicule.

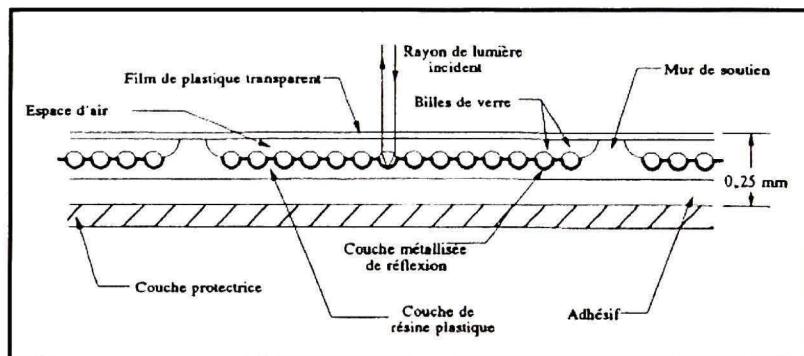


Figure 1.10 Pellicule à billes de verre encapsulées.
(Tiré du Baass, 1993)

Source : Cette figure est tirée de Baass, Karsten. (1993) *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes, 1993.

1.4 Type de pellicule

Les tableaux 1.1 à 1.10 présentent les coefficients de rétroréflexion des dix types de pellicules actuellement utilisés au Québec. Les coefficients sont fonction de la couleur de la pellicule et des angles de test utilisés au Québec.

Tableau 1.1
Coefficient de rétroréflexion - pellicule de type I-V
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Type I								
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)						
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Brun
0,2°	-4°	70	50	25	9	14	4	1
0,2°	+30°	30	22	7	3,5	6	1,7	0,3
	-4°	30	25	13	4,5	7,5	2	0,3
	+30°	15	13	4	2,2	3	0,8	0,2
Type II								
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)						
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Brun
0,2°	-4°	140	100	60	30	30	10	5
0,2°	+30°	60	36	22	10	12	4	2
	-4°	50	33	20	9	10	3	2
	+30°	28	20	12	6	6	2	1
Type III								
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)						
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Brun
0,2°	-4°	250	170	100	45	45	20	12
0,2°	+30°	150	100	60	25	25	11	8,5
	-4°	95	62	30	15	15	7,5	5
	+30°	65	45	25	10	10	5	3,5
Type IV								
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)						
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Brun
0,2°	-4°	250	170	100	35	35	20	7
0,2°	+30°	80	54	34	9	9	5	2
	-4°	135	100	64	17	17	10	4
	+30°	55	37	22	6,5	6,5	3,5	1,4
Type V								
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)						
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	
0,2°	-4°	700	470	280	120	120	56	
0,2°	+30°	400	270	160	72	72	32	
	-4°	160	110	64	28	28	13	
	+30°	75	51	30	13	13	6	

Source : Ce tableau est adapté de Transports Québec. (2005) *Matériaux*, Québec, Les Publications du Québec, Tome VII, (Ouvrages routiers).

Tableau 1.2
Coefficient de rétrotéflexion - pellicule de type VI-X
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Type VI										
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)								
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Jaune-vert fluo	Jaune fluo	Orange fluo
0,2°	-4°	250	170	70	30	35	20	400	300	200
0,2°	+30°	95	64	26	11	13	7,6	160	120	80
0,5°	-4°	200	136	56	24	28	18	180	135	90
0,5°	+30°	60	40	17	7,2	8,4	4,8	68	51	34
Type VII										
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)								
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Jaune-vert fluo	Jaune fluo	Orange fluo
0,2°	-4°	750	560	280	75	150	34	600	450	230
0,2°	+30°	430	320	160	43	86	20	340	260	130
0,5°	-4°	240	180	90	24	48	11	190	145	72
0,5°	+30°	135	100	50	14	27	6	110	81	41
Type VIII										
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)								
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Jaune-vert fluo	Jaune fluo	Orange fluo
0,2°	-4°	700	525	265	70	105	42	21	560	420
0,2°	+30°	325	245	120	33	49	20	10	260	200
0,5°	-4°	260	190	94	25	38	15	7,5	200	150
0,5°	+30°	115	86	43	12	17	7	3,5	92	69
Type IX										
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)								
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Jaune-vert fluo	Jaune fluo	Orange fluo
0,2°	-4°	380	285	145	38	76	17	300	230	115
0,2°	+30°	215	162	82	22	43	10	170	130	65
0,5°	-4°	240	180	90	24	48	11	190	145	72
0,5°	+30°	135	100	50	14	27	6	110	81	41
Type X										
Angle d'observation	Angle d'éclairage	Coefficient de rétroréflexion min (cd/lx•m ²)								
		Blanc	Jaune	Orange	Vert	Rouge	Bleu	Jaune-vert fluo	Jaune fluo	Orange fluo
0,2°	-4°	560	420	210	56	84	28	450	340	170
0,2°	+30°	280	210	105	28	42	14	220	170	84
0,5°	-4°	200	150	75	20	30	10	160	120	60
0,5°	+30°	100	75	37	10	15	5	80	60	30

Source : Ce tableau est adapté de Transports Québec. (2005) *Matériaux*, Québec, Les Publications du Québec, Tome VII, (Ouvrages routiers).

CHAPITRE 2

REVUE DES PRATIQUES ET NORMES EN VIGUEUR

Le présent chapitre présente une revue des pratiques et normes en vigueur au Québec et ailleurs dans le monde dans le domaine de la signalisation de travaux routiers et de l'utilisation de bandes rétroréfléchissantes.

2.1 Québec

Le document de référence utilisé au Québec est le *Tome V – Signalisation routière* publié par les Publications du Québec (Transports Québec, 2006). Ce document répertorie une multitude de dispositifs pour les routes du Québec. De plus, il est important de mentionner que la signalisation de travaux au Québec est régie par les articles 289 et 303 du *Code de la sécurité routière* et que le *Tome V* fait présence de règlement et a donc force de loi.

Premièrement, il y a les dispositifs T-RV-7, T-RV-8 et T-RV-9, ces derniers étant à la base de cette étude. Les trois repères en question sont illustrés à la figure 2.1.

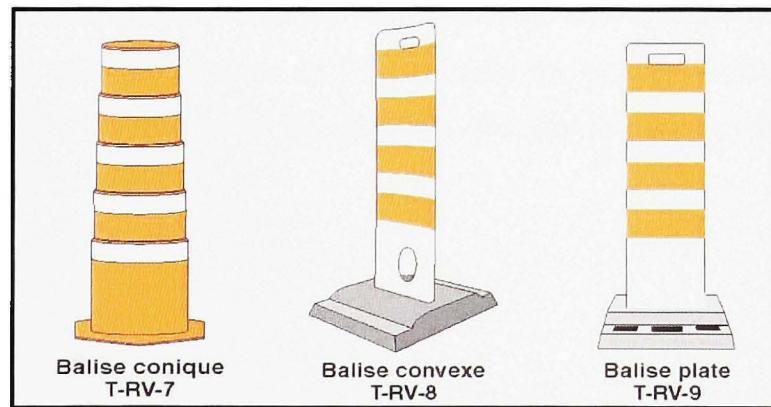


Figure 2.1 T-RV-7, T-RV-8 et T-RV-9.
(Tiré de Transports Québec, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Les différentes dimensions des repères ainsi que de leurs bandes rétroréfléchissantes sont décrites au tableau 2.1.

Tableau 2.1

Dimensions T-RV-7, T-RV-8, T-RV-9
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Hauteur	1200 mm
Largeur minimale	300 mm
Surface apparente réflectorisée	300 x 900 mm
Bandes orange rétroréfléchissantes	120 mm
Bandes blanches rétroréfléchissantes	84 mm

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V. (Ouvrages routiers).

Présentement, les bandes rétroréfléchissantes blanches sont de type III et les bandes orange sont de type VII (Nazair, 2006). Cette classification est basée sur la norme 14101 *Tome VII – Matériaux* des normes du ministère des Transports du Québec (2006). Cette norme s'appuie sur les recommandations de l' « *American Society for Testing and Materials* » (ASTM) D 4956-05 « *Standard Specification for Retroreflective Sheeting for Traffic Control* » (2006).

Les tableaux 2.2 et 2.3 expriment les coefficients de rétroréflexion en fonction des angles de tests standard et de la couleur de la pellicule.

Tableau 2.2

Coefficient de rétroréflexion du type III
(Adapté de Transports Québec, 2006)

TYPE III	Angle de divergence / Angle d'incidence			
	0,2° / -4°	0,2° / +30°	0,5° / -4°	0,5° / +30°
Couleur	Coefficient de rétroréflexion min. (cd/lx * m ²)			
Blanc	250	150	95	65
Jaune	170	100	62	45
Orange	100	60	30	25
Vert	45	25	15	10
Rouge	45	25	15	10
Bleu	20	11	7,5	5
Brun	12	8,5	5	3,5

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Tableau 2.3

Coefficient de rétroréflexion du type VII
(Adapté de Transports Québec, 2006)

TYPE VII	Angle de divergence / Angle d'incidence			
	0,2° / -4°	0,2° / +30°	0,5° / -4°	0,5° / +30°
Couleur	Coefficient de rétroréflexion min. (cd/lx * m ²)			
Blanc	750	430	240	135
Jaune	560	320	180	100
Orange	280	160	90	50
Vert	75	43	24	14
Rouge	150	86	48	27
Bleu	34	20	11	6
Jaune-Vert fluo	600	340	190	110
Jaune fluo	450	260	145	81
Orange fluo	230	130	72	41

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

En plus de ces repères, plusieurs autres dispositifs sont utilisés au Québec. Parmi ceux-ci, il y a les cônes de signalisation aussi nommés T-RV-3 (figure 2.2). Deux catégories de cône existent et leur utilisation respective est résumée au tableau 2.4. Les normes du MTQ spécifient que « Les cônes de signalisation (T-RV-3) de couleur orange doivent être utilisés uniquement lors des travaux de courte durée, à l'exception des travaux effectués sur les autoroutes, les travaux de très courte durée, ainsi que lors des opérations de marquage routier.

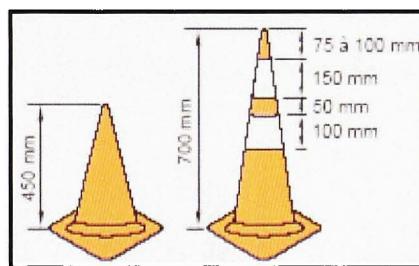


Figure 2.2 QC : Cône de signalisation T-RV-3.
(Tiré de Transports Québec, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Tableau 2.4
Dimension des T-RV-3
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Jour et tunnel éclairé		Nuit
$V \leq 70 \text{ km/h}$	$V > 70 \text{ km/h}$	700 mm
450 mm	700 mm	

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Les cônes de signalisation doivent être d'une couleur orange uniforme (Transport Québec, 2006). Lors de l'exécution de travaux de nuit, les cônes utilisés doivent être munis de deux bandes rétroréfléchissantes positionnées tel que montré à la figure 2.2.

Ces bandes doivent être d'un type au moins équivalent au type III de la norme 14101 *Tome VII – Matériaux* (Transports Québec, 2006).

La balise tubulaire T-RV-10 est un autre repère pouvant être utilisé (figure 2.3). Les T-RV-10 sont cependant seulement utilisés comme dernière option lorsque l'espace disponible ne permet pas l'utilisation d'autre dispositif. Ce dispositif est muni d'au moins deux bandes rétroréfléchissantes apposées sur le matériel orange fluorescent. La première bande doit être située à 50 mm du sommet, les bandes subséquentes étant espacées de 150 mm (Transport Québec, 2006). Les caractéristiques géométriques du T-RV-10 sont présentées au tableau 2.5.

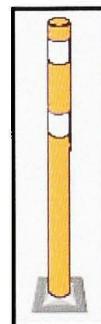


Figure 2.3 T-RV-10.
(Tiré de Transports Québec, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Tableau 2.5

Dimension des T-RV-10
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Hauteur	1200 mm
Largeur	60 mm
Bandes blanches rétroréfléchissantes	75 mm

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Des chevrons de directions sont aussi utilisés (figure 2.4). Ces chevrons portent le nom de T- RV-1. Ils sont utilisés pour indiquer la direction à suivre dans les courbes et en tête de biseau (Transports Québec, 2006).

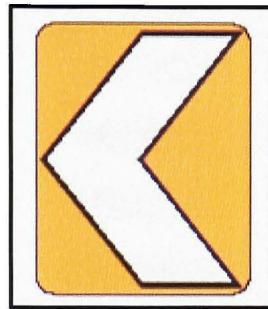


Figure 2.4 T-RV-1.
(Tiré de Transports Québec, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

Le tableau 2.6 présente les différentes dimensions des chevrons à utiliser dépendant de la vitesse indiquée.

Tableau 2.6

Dimension des T-RV-1
(Adapté de Transports Québec, 2006)

Vitesse	< 70 km/h	≥ 70 km/h
Dimensions minimales	300 x 375 mm	600 x 750 mm
Hauteur d'installation minimale	750 mm	1200 mm

Source : Ce tableau est tiré de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

De plus, dans les zones où il y aurait des problèmes de visibilité, le T-RV-6 aussi nommé baril (figure 2.5) peut être utilisé. Ce repère a une hauteur de 900 mm et une base plus large (Transports Québec, 2006).

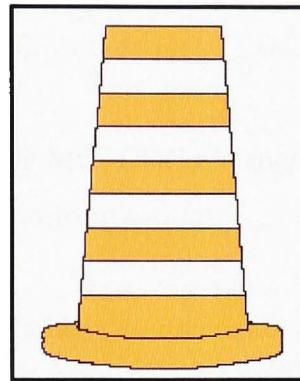


Figure 2.5 T-RV-6.
(Tiré de Transports Québec, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transports Québec. (2006) *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).

2.2 Canada

L'Association des transports du Canada (ATC), via le Comité national de la signalisation routière, publie un guide de référence au niveau de la signalisation routière. Ce guide est le *Manuel canadien de la signalisation routière (MUTCDC)* (1998).

Il est important de mentionner que le MUTCDC n'a aucun pouvoir législatif. Il ne s'agit que d'un ouvrage de référence visant l'uniformisation.

La section *Dispositifs de signalisation de travaux* du MUTCDC présente plusieurs dispositifs. Trois d'entre eux sont jugés pertinents dans le cadre de la présente étude.

Le premier est le cône de signalisation (TC-61) (figure 2.6). Ce dispositif se présente sous deux tailles. Les caractéristiques géométriques sont présentées à la figure 2.6. Selon le MUTCDC (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998), en condition de jour, les deux cônes peuvent être utilisés pour des zones de 60 km/h et moins. Pour les zones de plus grandes vitesses, ou l'utilisation lors de travaux de nuit, le cône de 700 mm est requis. De plus, lors d'utilisation de nuit, le cône doit posséder une bande blanche rétroréfléchissante sur sa moitié supérieure. Cette bande devrait avoir 100 mm de largeur (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998).

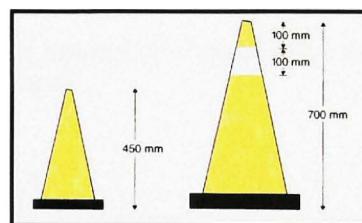


Figure 2.6 TC-61.
(Tiré de Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998)

Source : Cette figure est tirée de Comité national de la signalisation routière, ATC. (1998). *Manuel Canadien de la signalisation routière*, Ottawa.

Il est à noter que pour les travaux autoroutiers, les balises TC-62 et TC-63 devraient être préférées au cône (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998). La description de ces balises suit ultérieurement.

Le deuxième dispositif proposé est la balise de travaux (TC-62) (figure 2.7). Ce dispositif est un dispositif de délimitation et devrait être utilisé dans les zones où la circulation est dense et où les vitesses sont grandes. Les caractéristiques du TC-62 sont présentées à la figure 2.7 (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998).

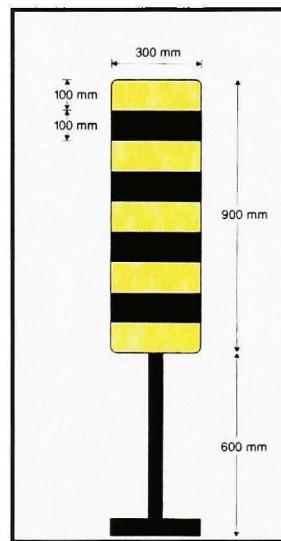


Figure 2.7 TC-62.
(Tiré de Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998)

Source : Cette figure est tirée de Comité national de la signalisation routière, ATC. (1998). *Manuel Canadien de la signalisation routière, Ottawa.*

Le dernier dispositif dont les caractéristiques sont présentées à la figure 2.8 est le baril flexible (TC-63). Ce dernier joue le même rôle que le TC-62. Les différentes caractéristiques de ce repère sont présentées à la figure 2.8.

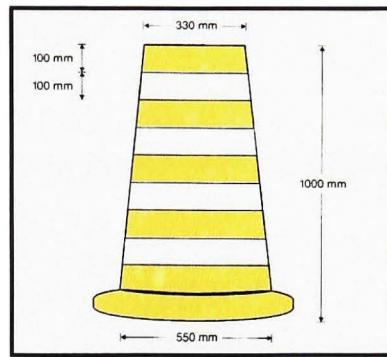


Figure 2.8 TC-63.
(Tiré de Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998)

Source : Cette figure est tirée de Comité national de la signalisation routière, ATC. (1998). *Manuel Canadien de la signalisation routière*, Ottawa.

Pour ce qui est de la qualité de la rétroréflexion des bandes présentes sur les repères, le MUTCD (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998) mentionne qu'un matériau de type « haute intensité » est recommandé pour les repères TC-61, TC-62 et TC-63.

Ce dernier correspond au « level 1 » de la norme canadienne CGSB 62-GP-11M. Ceci est l'équivalent d'un type III, IV ou VI de la norme ASTM 4956-05 (Comité national de la signalisation routière, ATC, 1998).

2.2.1 Ontario

La signalisation de l'Ontario est régie par l'état, soit le « Ministry of Transportation » (MTO). Les repères visuels utilisés par le MTO se retrouvent dans l' « Ontario Traffic Manual » (OTM).

Le premier de ces repères visuels est nommé « Flexible Drum » ou « Barrel » (figure 2.9). Il porte aussi le nom de TC-54.



Figure 2.9 TC-54.
(Tiré de Ministry of Transportation, 2001)

Source : Cette figure est tirée de Ministry of Transportation. (2001). *Ontario Traffic Manual Temporary Conditions* St-Catharines, 253 p.

Le « Flexible Drum » est d'une hauteur approximative de 1000 mm et il est de forme conique. Le diamètre à sa base est de 550 mm et à son sommet de 330 mm (Ministry of Transportation, 2001).

Le TC-54 est de couleurs orange et noir. La couleur orange consiste en quatre bandes rétroréflectives d'une intensité minimale de type III selon le classement ASTM de la norme D 4956-05. Chaque bande, autant les noires que les orange ont une largeur de 100 mm (Ministry of Transportation, 2001). La norme ne mentionne rien à propos de la couleur de départ au sommet de la balise. Contrairement à l'illustration de la norme, la plupart des balises observées ont une bande orange au sommet.

Selon la norme ontarienne (Ministry of Transportation, 2001), ce repère a plusieurs fonctions. Il peut être utilisé pour canaliser et guider la circulation dans une zone de construction. Il est aussi utilisé dans la formation des biseaux lors de la fermeture de voies. Il sert de limite physique entre la zone de construction et les voies de circulation. Il est aussi mentionné, que dans les zones de grandes vitesses, cette balise devrait être préférée à la balise TC-52. La description de cette dernière est présentée ultérieurement.

Plusieurs différences avec le T-RV-7 peuvent être notées. Tout d'abord, la balise ontarienne est de couleurs orange et noire contrairement à orange et blanche pour le T-RV-7.

De plus, les dimensions des bandes orange et noires sont les mêmes soit 100 mm alors que pour le T-RV-7, les bandes orange sont de 120 mm et les blanches sont de 84 mm. De plus, la balise ontarienne a une hauteur approximative de 1000 mm soit 200 mm de moins que son homologue québécoise.

Ensuite, la balise ontarienne est beaucoup plus large que le T-RV-7. Avec sa base de 550 mm et son sommet de 330 mm, on obtient une largeur moyenne de 440 mm contre 300 mm pour le T-RV-7. De plus, les bandes sont de type III alors que pour le T-RV-7, la pellicule orange est de type VII. Aussi, le nombre de bandes est de beaucoup inférieur au dispositif québécois. En effet, ce dispositif possède seulement quatre bandes. Ce dispositif offre donc une surface apparente de rétroréflexion d'environ $176\ 000\ mm^2$ contrairement à $270\ 000\ mm^2$ pour le T-RV-7 (figure 2.10).



Figure 2.10 Exemple d'utilisation du TC-54.
(Adapté de St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure est adaptée de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

Une autre balise est le TC-52 qui porte le nom de « Construction Marker » (figure 2.11) (Ministry of Transportation, 2001). Le TC-52 consiste en un panneau de 200 mm x 900 mm dont son sommet est à une hauteur de 1200 mm. Ce panneau présente une alternance de bandes orange et noires de 100 mm de largeur chacune. Les bandes orange sont rétroréfléchissantes et d'un minimum de type III (Ministry of Transportation, 2001). Contrairement au TC-54, le TC-52 possède 5 bandes orange et non 4. Sa surface apparente rétroréfléchissante est donc de 100 000 mm².



Figure 2.11 TC-52.
(Tiré de Ministry of Transportation, 2001)

Source : Cette figure est tirée de Ministry of Transportation. (2001). *Ontario Traffic Manual Temporary Conditions* St-Catharines, 253 p.

Selon l' « Ontario Traffic Manual » (Ministry of Transportation, 2001), ce dispositif peut être utilisé pour effectuer les mêmes fonctions que le « Flexible Drum » (TC-54). Cependant, dans les zones de grandes vitesses, le « Flexible Drum » devrait être préconisé.

La province de l'Ontario utilise aussi trois autres dispositifs nommés « Traffic Cones » ou TC- 51A, TC-51B et TC-51C (figure 2.12).

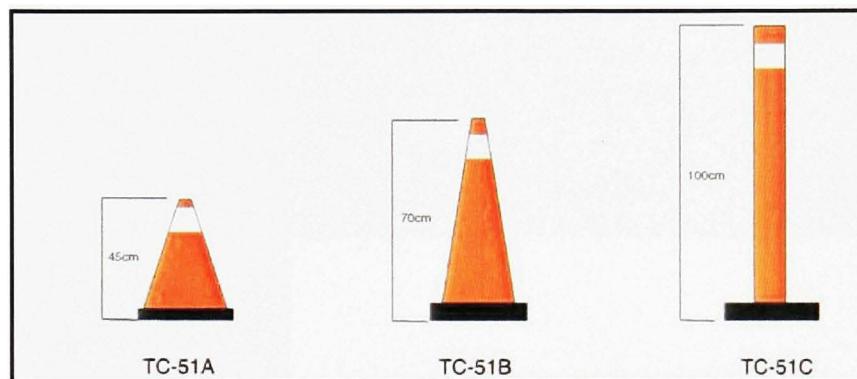


Figure 2.12 TC-51A, TC-51B et TC-51C.
(Adapté de Ministry of Transportation, 2001)

Source : Cette figure est tirée de Ministry of Transportation. (2001). *Ontario Traffic Manual Temporary Conditions* St-Catharines, 253 p.

Le TC-51 est un cône de 450 mm de hauteur. Ce dispositif peut être utilisé seulement pour les travaux de marquage. Pour les autres travaux nécessitant des cônes, les TC-51B et TC-51C doivent être considérés. De plus, peu importe le dispositif « TC », chacun doit être muni d'une bande blanche rétroréfléchissante de 100 mm à 150 mm de largeur. Cette bande doit être positionnée à 100 mm sous le sommet du dispositif. La qualité de la rétroréflexion doit être d'un type III ou IV (Ministry of Transportation, 2001).

Le tableau 2.7 résume quel dispositif doit être utilisé selon le type de route et d'intervention.

Tableau 2.7

Type de repère vs intervention
(Adapté de Ministry of Transportation, 2001)

Type de route et intervention	Repère visuel		
	TC-51A	TC-51B et TC-51C	TC-52 et TC-54
Marquage	TCD, CD	OPTION	NR
Route à 2 voies	NON	TCD, CD	LD
Route à voies multiples	NON	TCD, CD	LD
Autoroutes	NON	TCD, SD (jour seulement)	TCD, CD, LD
Notes			
TCD : Très courte durée			
CD : Courte durée			
LD : Longue durée			
NR : Non requis			
NON : Ne doit pas être utilisé			

Source : Ce tableau est tiré de Ministry of Transportation. (2001). *Ontario Traffic Manual Temporary Conditions* St-Catharines, 253 p.

2.2.2 Manitoba

La signalisation du Manitoba, de ressort provincial, est gérée par le « Manitoba Transportation and Government Services, Traffic Engineering ».

La province du Manitoba utilise une série de repères. Le premier est un repère visuel nommé « Plastic Drum », il est relativement semblable au repère T-RV-7 utilisé au Québec (figure 2.13). Les « Plastic Drums » possèdent une hauteur nominale de 1 000 mm et une forme rectangulaire, ronde ou octogonale. De plus, sa base est plus large que son sommet (Manitoba Transportation and Government Services, 1997).

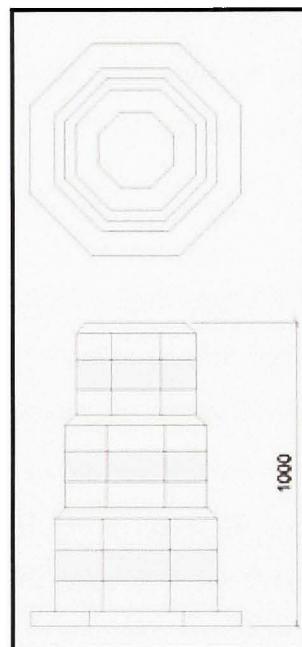


Figure 2.13 MB : « Plastic Drum ».
(Tiré de Manitoba Transportation and Government Services, 1997)

Source : Cette figure est tirée de Manitoba transportation and government services. (1997). *Policy/Standard No. 900-B-12*, Manitoba, 3 p.

Selon la norme 900-B-12 (Manitoba Transportation and Government Services, 1997), la balise est faite de plastique orange sur laquelle sont alternées des bandes rétroréfléchissantes orange fluorescent et blanches de 100 mm de largeur chacune. Il n'y a qu'une seule bande par étage du repère pour un total de trois.

Les bandes du haut et du bas sont orange fluorescent et celle du centre est blanche. Les bandes rétroréfléchissantes sont de type III « haute intensité » selon le classement ASTM de la norme D 4956-05.

Plusieurs différences par rapport aux T-RV-7 peuvent être notées. Premièrement, les dimensions des bandes orange et blanches sont les mêmes, soit 100 mm alors que pour le T-RV-7, la bande orange est 120 mm et la blanche est de 84 mm. De plus, la bande du haut est orange contrairement aux dispositifs québécois dont la séquence commence avec la bande blanche.

Deuxièmement, les deux bandes sont du même type, soit du type III alors que le T-RV-7 a, lui aussi, une bande blanche de type III mais une bande orange de type VII. D'après la norme ASTM D 4956-05, le coefficient de rétroréflexion du orange, dépendant de l'angle d'observation, est environ trois fois plus faible pour le type III que le type VII. En terme comparatif, le orange de type VII et le blanc de type III ont sensiblement le même coefficient de rétroréflexion, soit 250 cd/lx•m² pour le blanc et 280 cd/lx•m².

Troisièmement, le nombre de bandes est de beaucoup inférieur au dispositif québécois. En effet, avec seulement trois bandes, ce dispositif offre une surface apparente de rétroréflexion d'environ 90 000 mm², soit trois fois moins que le T-RV-7 dont la surface apparente atteint les 270 000 mm². Il y a donc environ trois fois moins de surface géométrique possédant des qualités rétroréfléchissantes. Ajouté au fait que la bande orange est d'un grade inférieur, cela mène à conclure que la surface apparente rétroréfléchie du T-RV-7 est beaucoup plus grande que son homologue manitobain.

Le deuxième dispositif utilisé, tant pour la séparation des voies que pour la canalisation de ces dernières, est le « Plastic Posts » aussi nommé « Polyposts » et est présenté à la figure 2.14. Ce dernier est fait d'un plastique orange. Il possède une hauteur nominale de 1 000 mm et un diamètre de 50 mm. Le standard manitobain mentionne cependant que le repère peut venir dans une variété de dimensions sans mentionner ces dernières (Manitoba Transportation and Government Services, 1997).

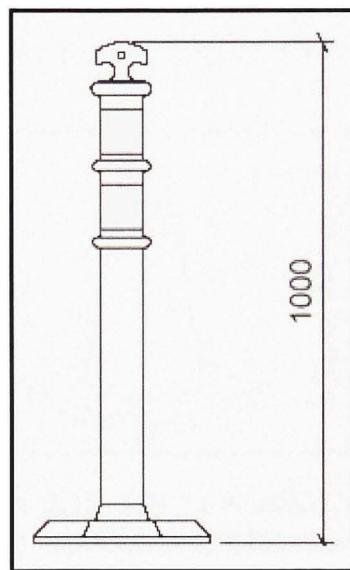


Figure 2.14 MB : « Plastic Posts ».
(Tiré de Manitoba Transportation and Government Services, 1997)

Source : Cette figure est tirée de Manitoba transportation and government services. (1997). *Policy/Standard No. 900-B-12*, Manitoba, 3 p.

Pour ce qui est de la qualité de la rétroréflexion, le dispositif possède deux bandes blanches de 200 mm de largeur équivalentes au type I de la norme ASTM D 4956-05 (Manitoba Transportation and Government Services, 1997). Le « Plastic Posts » peut être comparé au T-RV-10 utilisé au Québec, ce dernier étant cependant utilisé de façon moins usuelle.

Le dernier dispositif proposé est le « Traffic Cone » (figure 2.15). Il est de couleur orange fluorescent et d'une hauteur minimale de 700 mm. Ce repère ne possède cependant pas de capacité rétroréfléchissante. Ici, il est à noter que la figure 2.15 présente une bande rétroréfléctrice. Ce dessin inclut la possibilité que le dispositif soit muni d'une bande, cette dernière n'est cependant pas requise selon la norme. Selon la norme, le cône peut seulement être utilisé lors des opérations de jour. Dans le cas de prolongation des travaux durant la nuit, le dispositif doit être remplacé par un autre repère muni de qualité rétroréfléchissante (Manitoba Transportation and Government Services, 1997).

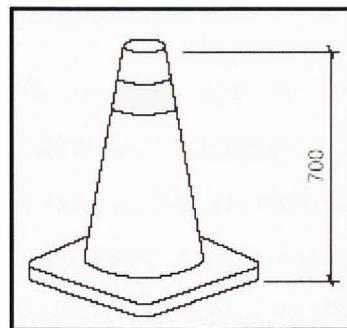


Figure 2.15 MB : « Traffic Cone ».
(Tiré de Manitoba Transportation and Government Services, 1997)

Source : Cette figure est tirée de Manitoba transportation and government services. (1997). *Policy/Standard No. 900-B-12*, Manitoba, 3 p.

2.2.3 Colombie-Britannique

La signalisation de la Colombie-Britannique, de ressort provincial, est gérée par le « British Columbia Ministry of Transportation ».

La Colombie-Britannique utilise elle aussi un repère semblable au T-RV-7. La norme « Traffic Control Manual for Work Roadways » (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999) recommande que les « Flexible Drums » possèdent les dimensions décrites à la figure 2.16.

De plus, une révision de la norme portant le nom de Technical Circular T-09/05 (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2006) stipule que le repère doit posséder cinq bandes réparties de haut en bas en alternance commençant avec une bande orange. Il y a donc deux bandes blanches et trois bandes orange rétroréfléchissantes. La dimension de chaque bande doit être d'un minimum de 100 mm de largeur.

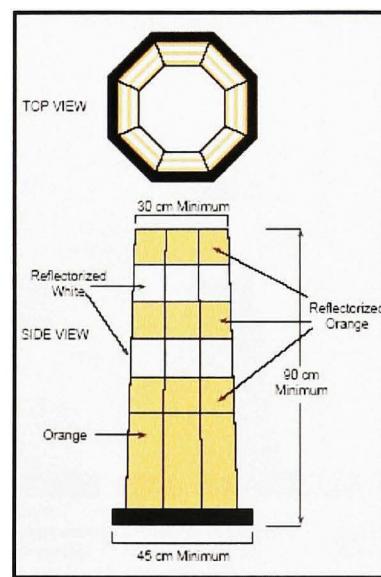


Figure 2.16 BC : « Flexible Drum ».
(Tiré de British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999)

Source: Cette figure est tirée de British Columbia Ministry of Transportation and Highways. (1999). *Traffic Control Manual for Works on Roadways*, Victoria.

La révision mentionne que tous les repères visuels doivent posséder une qualité de rétroréflexion minimale équivalente à du type VI de la norme ASTM 4956-05 (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2006). Selon la norme (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999), ce dispositif impose le respect des usagers par sa grosseur et son apparence solide.

La comparaison avec le T-RV-7 montre ainsi que ce repère, à ses dimensions minimales, possède deux fois moins de bandes et donc de surface rétroréfléchissante apparente. De plus, la bande supérieure est orange contrairement aux balises québécoises.

La Colombie-Britannique utilise aussi les cônes comme repère visuel. La norme (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999) spécifie trois types de cône pouvant être utilisés soit les types A, B et C. Les caractéristiques géométriques des dispositifs sont décrites à la figure 2.17.

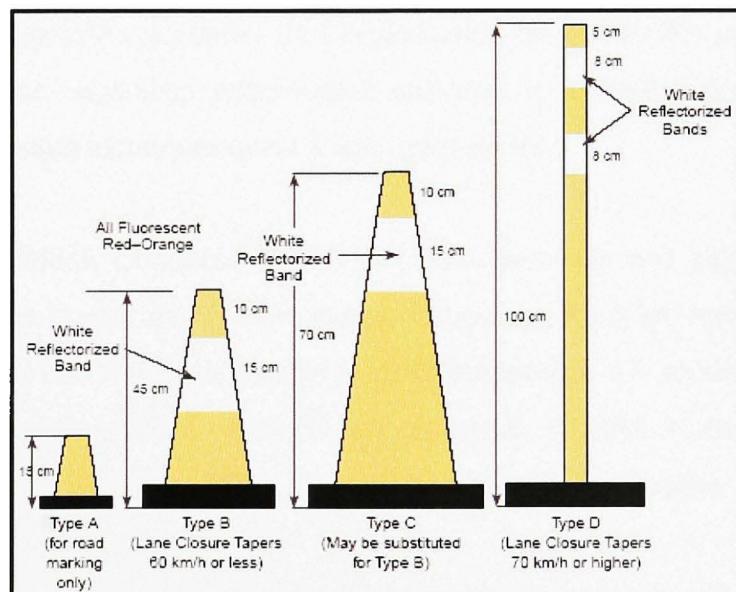


Figure 2.17 Repères : types A à D.
(Tiré de British Columbia Ministry of Transportation and Highways , 1999)

Source: Cette figure est tirée de British Columbia Ministry of Transportation and Highways. (1999). *Traffic Control Manual for Works on Roadways*, Victoria.

Le type A est utilisé seulement pour protéger le marquage frais pendant le séchage. Le type B est le plus communément utilisé. Il sert pour la délinéation d'aire de travail et la signalisation de danger spécifique. Il peut aussi servir sur de courtes distances pour la déviation et être utilisé pour les fermetures complètes de voies là où la vitesse indiquée est de 60 km/h et moins. Pour ce qui est du type C, il est utilisé dans les mêmes conditions que le type B, mais là où une hauteur plus grande du cône serait avantageuse (British Columbia Ministry of Transportation and Highways , 1999).

En complément, un dispositif dit de type D est proposé (figure 2.17). Ce repère porte aussi le nom de « tubular marker ». Le type D est utilisé lors de travaux de courte durée pour délimiter les voies ou pour séparer deux voies de sens opposé. Il peut aussi être utilisé pour la fermeture complète de voie pour les zones de vitesse plus élevées soit 70 km/h et plus (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999).

Le type D présente quelques différences en comparaison au T-RV-10 en ce qui porte à sa hauteur et aux dimensions générales de l'organisation de ses bandes rétroréfléchissantes. Ces différences sont cependant relativement mineures et mènent à penser que les deux dispositifs sont presque identiques quant à leurs géométries.

Selon la norme (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999), les repères de type A à D sont de couleur orange fluorescent. Pour les opérations de nuit, les type B à D doivent être munis de bandes rétroréfléchissantes. Un minimum équivalent au type VI de la norme ASTM 4956-05 est demandé (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 2006). Les dimensions de ces bandes sont décrites à la figure 2.17.

Le dernier repère visuel proposé est très différent. En effet, le « Temporary Delineator Posts (TDPs) » peut être utilisé pour canaliser la circulation, séparer les voies de même direction et délimiter une aire de travail. Dû à leur étroitesse, les TDPs sont souvent préférés aux cônes. Les dimensions de ce dispositif sont décrites à la figure 2.18. Il existe deux types de TDPs, soit celui muni d'un réflecteur blanc et l'autre muni d'un réflecteur jaune. La couleur de ce réflecteur doit correspondre au marquage de la chaussée (British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999). La qualité de la rétroréflexion est soumise à la même réglementation que les types A à D.

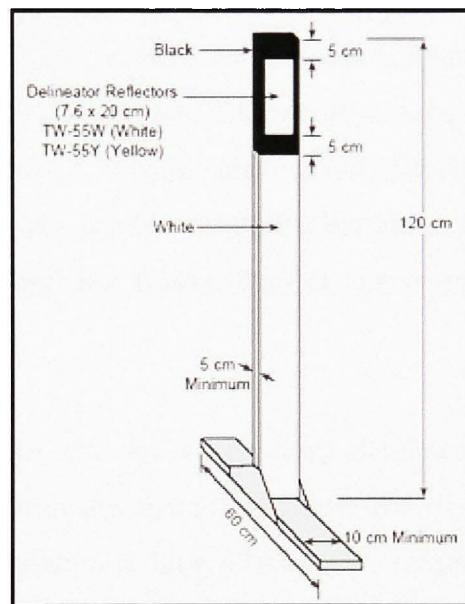


Figure 2.18 BC: Exemple de « Temporary Delineator Posts ».
(Tiré de British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 1999)

Source: Cette figure est tirée de British Columbia Ministry of Transportation and Highways. (1999). *Traffic Control Manual for Works on Roadways*, Victoria.

2.2.4 Saskatchewan

La signalisation de la Saskatchewan, de ressort provincial, est gérée par le « Department of Highways and Transportation » (DHT).

Selon Kaufmann (2006) du DHT, la province de la Saskatchewan utilise trois types de dispositif ayant une pertinence pour cette étude. Ces trois dispositifs sont le «Traffic Cone », le « Traffic Delineator » et le « Flexible Drum ».

Toujours selon Kaufmann (2006), le DHT possède des normes en ce qui a trait à la hauteur des « cones » et des « traffic delineators ». Cependant, aucune norme ne régie ou spécifie la hauteur des « drums ». De plus, il n'existe aucune spécification en rapport avec le type, la couleur et les dimensions des bandes rétroréfléchissantes utilisées sur les repères. La Saskatchewan s'en remet donc aux fournisseurs et aux entrepreneurs en signalisation de travaux locaux.

Il est possible de mentionner que les « temporary delineators » ainsi que les « cones » peuvent être utilisés pour tracer des détours, indiquer des imperfections dangereuses de la chaussée et canaliser la circulation le long d'une route. Ils peuvent aussi être utilisés pour séparer les zones de circulation et de travaux.

Il existe deux types de cône soit un d'une hauteur de 450 mm et un d'une hauteur de 700 mm. Le « delineator » possède une hauteur de 1000 mm. Le cône de 450 mm est utilisé dans les zones de 50 km/h et moins. Le cône de 700 mm, ainsi que le « delineator » sont utilisés dans les zones de plus de 50 km/h. Le « Drum » rempli les mêmes fonctions que les repères visuels décris précédemment. Il est cependant utilisé lorsque les travaux sont de longue durée.

La figure 2.19 représente un exemple de « delineator » et de « flexible drum » du fournisseur « Guardian Traffic Services ».



Figure 2.19 SK : « Delineator » et « Flexible Drum ».
(Tiré de Guardian Traffic Services Ltd, 2007)

Source: Cette figure est tirée de Guardian Traffic Services Ltd. *Guardian Traffic Supply LTD, Regina Sask – Traffic Control Specialities*, [En ligne].
[<http://www.gts-sk.com/>] Consulté en juin 2006.

Les différentes caractéristiques des repères utilisés par la Saskatchewan sont fournies au tableau 2.8. Le DHT possède deux fournisseurs pour son approvisionnement.

Tableau 2.8
Caractéristiques des repères de la Saskatchewan
(Adapté de Kaufmann, 2006)

Compagnie	Type de repère visuel			
	"Temporary Delineator"			
	Grade	Couleur des bandes	Larg des bandes	Nbre de bandes
Signal Industries (std)	--	--	--	--
Signal Industries (upgraded)	--	--	--	--
Guardian Traffic Services (std)	Haute intensité	Blanc	100 mm	2
Guardian Traffic Services (upgraded)	Diamant	Blanc	100 mm	3
"Drum"				
	Grade	Couleur des bandes	Larg des bandes	Nbre de bandes
	Haute intensité	Blanc	100 mm	2
	Diamant	Blanc et orange	100 mm	2 de chaque
Guardian Traffic Services (std)	Haute intensité	Blanc et orange	100 mm	2 de chaque
Guardian Traffic Services (upgraded)	Diamant	Blanc et orange	100 mm	2 de chaque
"Cone"				
	Grade	Couleur des bandes	Larg des bandes	Nbre de bandes
	Haute intensité	Blanc	100 mm	1
	Diamant	Blanc	100 mm	2
	Haute intensité	Blanc	100 mm	1
Guardian Traffic Services (std)	--	--	--	--

Source : Ce tableau est adapté de Kaufmann, Stacy. (2006). Department of Highways and Transportation of Saskatchewan, *consultation personnelle*.

2.2.5 Nouveau-Brunswick

La signalisation du Nouveau-Brunswick, de ressort provincial, est gérée par le « Department of transportation ».

Deux types de repères visuels sont couramment utilisés au Nouveau-Brunswick selon McKinney (2006) du département des transports.

Le premier de ces repères visuels est nommé « Channelizer Barrel » (figure 2.20).



Figure 2.20 NB : « Channelizer Barrel ».
(McKinney, 2006)

Source : Cette figure provient de Mckinney, Brian. (2006). Department of Transportation of New-Brunswick, *consultation personnelle*.

Cette balise doit être d'une hauteur minimale de 1000 mm et doit posséder un diamètre minimum au sommet de 450 mm. Elle doit être de couleur orange fluorescent et être munie de deux bandes blanches rétroréfléchissantes. Ces bandes doivent posséder une qualité de rétroréflexion dite de haute intensité soit équivalente à un type III. Les deux bandes ont une largeur de 100 mm. La première bande doit être à une distance minimale de 100 mm du sommet. L'espace entre les deux bandes doit être compris entre 180 mm et 300 mm (Mckinney, 2006).

Le deuxième repère spécifié est le « Delineator Post » (figure 2.21). Cette balise, doit être de couleur orange fluorescent. Elle doit avoir une hauteur minimale de 1000 mm et ceci n'inclus pas la poignée visible à la figure 2.21. Le diamètre minimal doit être de 100 mm (McKinney, 2006).



Figure 2.21 NB : « Delineator Post ».
(McKinney, 2006)

Source : Cette figure provient de Mckinney, Brian. (2006). Department of Transportation of New-Brunswick, *consultation personnelle*.

Le « Delineator Post » doit être muni de deux bandes rétroréfléchissantes de 100 mm de largeur. Ces bandes doivent être de type III. La première bande doit être 50 mm plus basse que le sommet. L'espace entre les deux bandes doit être compris entre 50 mm et 150 mm.

2.2.6 Terre-Neuve et Labrador

La signalisation de Terre-Neuve et du Labrador est régie par « Department of Works, Services and Transportation ».

Plusieurs repères visuels sont utilisés par cette administration routière. Ces repères sont présentés dans le *Specification Book (2003)*.

Premièrement, la norme spécifie les caractéristiques du « Flexible drum ». Ce dernier, est utilisé pour canaliser et guider la circulation. Il possède une hauteur de 1000 mm et un diamètre minimal à sa base de 550 mm soit les mêmes dimensions recommandées par l'OTM et le MUTCDC. Ce repère est de couleur noire et muni de bandes orange rétroréfléchissantes de 100 mm de largeur espacées de 100 mm. La qualité de la rétroréflexion des bandes pour ce repère, doit rencontrer les demandes du MUTCDC soit un matériau de type « haute intensité ». Aucune mention quant au nombre de bandes n'est présente.

Ensuite, il y a le « Construction Marker » (figure 2.22). Ce dispositif est semblable en tout point à la balise de travaux (TC-62) proposée par le MUTCD.

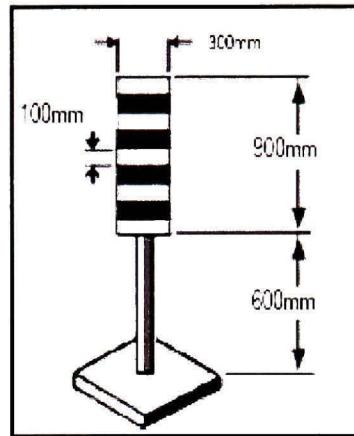


Figure 2.22 TN : « Construction Marker ».
(Tiré de Government of Newfoundland and Labrador, 2003)

Source: Cette figure est tirée de Government of Newfoundland and Labrador. (2003). Department of Works, Services and transportationon.. *The department of Works, Services and transportation specification book*, St John's, 555 p.

Il est mentionné que lorsque ce repère est utilisé sur des distances de plus de 300 m, ses dimensions peuvent être réduites à 225 mm X 600 mm (Government of Newfoundland and Labrador, 2003).

Puis, le « Chevron Marker » (figure 2.23) est décrit. Ce dernier devrait remplacer le « Construction Marker » lorsqu'il s'agit de la formation d'un biseau de rabattement. Il est de couleurs orange et noire. Le orange est rétroréflectif de « haute intensité ». Les dimensions géométriques sont présentées à la figure 2.23.

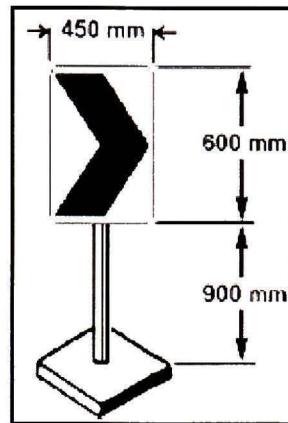


Figure 2.23 TN : « Chevron Marker ».
(Tiré de Government of Newfoundland and Labrador, 2003)

Source: Cette figure est tirée de Government of Newfoundland and Labrador. (2003). Department of Works, Services and transportationon.. *The department of Works, Services and transportation specification book*, St John's, 555 p.

La figure 2.24 présente le « Delineator Posts ». Ce dernier est utilisé pour canaliser et guider la circulation. Il est de couleur orange et est muni de deux bandes blanches rétroréfléchissantes de 75 mm de largeur. La qualité des bandes doit être de « haute intensité ».

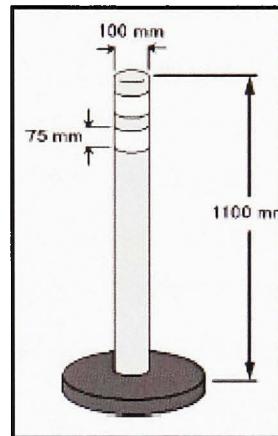


Figure 2.24 TN: « Temporary Delineator Posts ».
(Tiré de Government of Newfoundland and Labrador, 2003)

Source: Cette figure est tirée de Government of Newfoundland and Labrador. (2003). Department of Works, Services and transportationon.. *The department of Works, Services and transportation specification book*, St John's, 555 p.

Finalement, le gouvernement de Terre-Neuve et Labrador utilise des cônes. Selon, le « Specification Book » (Tiré de Government of Newfoundland Labrador, 2003), il existe deux hauteurs de cônes, soit 450 mm pour les zones de 50 km/h et moins et 700 mm pour les zones de plus de 50 km/h. De plus, l'utilisation de cônes est seulement permise en condition de jour.

2.3 États-Unis

2.3.1 National MUTCD

La plupart des routes américaines sont de juridiction étatique. Cependant, dans un souci d'uniformisation et de standardisation, la signalisation américaine est régie par la « Federal Highway administration » (FHWA). Cette administration dépend directement du « U.S. Department of transportation » (DOT). La signalisation américaine est basée sur le « Manual on Uniform Traffic Control Devices » (MUTCD), ce dernier étant publié par la FHWA. La version la plus récente est le MUTCD 2003. Lorsqu'une nouvelle édition ou révision du MUTCD est publiée, les états ont deux ans pour s'y conformer. L'état peut choisir d'utiliser le MUTCD ou une réglementation propre à lui-même mais devant être en conformité avec le MUTCD. Les états utilisent donc le MUTCD comme base, certains ajoutent de l'information supplémentaire afin de renforcer leur législation. Le MUTCD représentant le « point plancher ». Le tableau 2.9 résume la situation préconisée par chaque état.

Tableau 2.9

Stratégie par état
(Adapté de Federal Highway Administration, 2006)

États ayant adopté le MUTCD 2003			
Alabama	Kansas	Montana	Puerto Rico
Arkansas	Kentucky	New Hampshire	Rhode Island
Florida	Louisiana	New Jersey	South Carolina
Georgia	Maine	North Dakota	South Dakota
Hawaii	Mississippi	Nevada	Vermont
Iowa	Missouri	Oklahoma	Wyoming
États ayant adopté le MUTCD 2003 avec supplément			
Alaska	Idaho	Nebraska	Tennessee
Arizona	Illinois	New Mexico	Utah
California	Indiana	New-York	Virginia
Colorado	Maryland	North Carolina	Washington
Connecticut	Massachusetts	Oregon	West Virginia
Delaware	Michigan	Pennsylvania	Wisconsin
Etats ayant leur propre législation en conformité avec le MUTCD 2003			
Minnesota	Ohio	Texas	
État ne s'étant toujours pas conformé			
District of Columbia			

Source: Ce tableau est adapté de Federal Highway Administration. *Federal Highway Administration Home Page*, [En ligne].
[<http://www.fhwa.dot.gov/>] Consulté en mai 2006.

Seulement trois états américains utilisent leur propre standard. Il s'agit du Minnesota, de l'Ohio et du Texas. Tous les autres utilisent le MUTCD tel qu'il est ou avec certains suppléments.

Le premier dispositif proposé par le MUTCD (Federal Highway Administration, 2003) est le « Drum ». Celui-ci, de par son allure générale, s'approche du T-RV-7 québécois. Les dimensions du dispositif sont présentées à la figure 2.25.

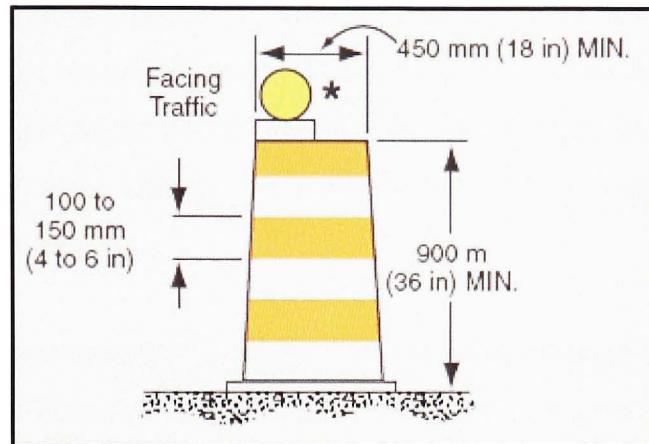


Figure 2.25 USA : « Drum ».
(Tiré de Federal Highway Administration, 2003)

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*. Washington D.C.

Le MUTCD (Federal Highway Administration, 2003) mentionne que le repère doit être équipé d'un minimum de deux bandes blanches rétroréfléchissantes et de deux bandes orange rétroréfléchissantes disposées en alternances. La bande du haut doit être de couleur orange. Il est aussi mentionné que tout espace non rétroréfléchissant survenant entre une bande blanche et orange ne devrait excéder la dimension de 75 mm. Le MUTCD (Federal Highway Administration, 2003) fixe un minimum et un maximum quant aux dimensions des bandes. La liberté de choisir les dimensions est laissée à l'organisme responsable. Cependant, selon Wood (2006), un ratio de 50% / 50% pour les dimensions des bandes semble être accepté par défaut pour la plupart des gens concernés. Aucune mention du type ou grade de bandes à utiliser n'est présente dans l'ouvrage. La qualité de la rétroréflexion étant laissée à la discrétion de chaque autorité routière de l'état.

La FHWA a cependant publié un guide recommandant certains types de pellicules pour une application particulière. Ce guide se retrouve à l'annexe I du présent document. Plusieurs informations se retrouvent dans ce guide telles que l'application typique du matériel, son producteur, son nom et numéro de série. Après consultation, il est aisément de remarquer que les types III à VI sont recommandés pour une utilisation de signalisation temporaire. Cette information a été confirmée par Wood (2006), « Traffic operation engineer » de la FHWA. Ce dernier étant membre de l'équipe qui publie le MUTCD et responsable du chapitre 6, « Temporary traffic control ».

Wood (2006) mentionne aussi que la plupart des administrations utilisent des pellicules de types I-VII, et semble délaisser le type I de plus en plus. Les types supérieurs à VII étant utilisés pour les panneaux de signalisation permanente.

Les figures 2.26 à 2.28 montrent quelques utilisations typiques des « Drums ».



Figure 2.26 Utilisation typique des « Drums » (1).
(Tiré de Federal Highway Administration, 2006)

Source: Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. *Federal Highway Administration Home Page*, [En ligne].
[<http://safety.fhwa.dot.gov/images/ohiophoto3.jpg>] Consulté en mai 2006.

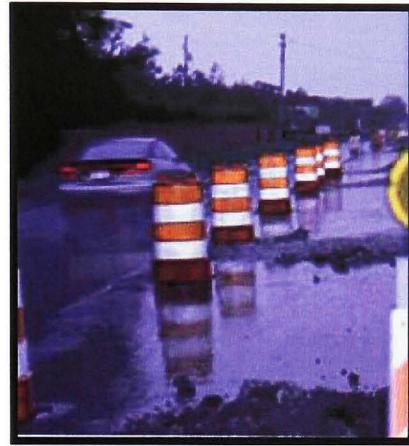


Figure 2.27 Utilisation typique des « Drums » (2).
(Tiré de Avery Dennison, 2006)

Source: Cette figure est tirée de Avery Dennison. *Avery Dennison Reflective Products Devision*, [En ligne]. [<http://www.reflectives.averydennison.com/images/wr6100.jpg>] Consulté en août 2006.



Figure 2.28 Utilisation typique des « Drums » (3).
(Tiré de Avery Dennison, 2006)

Source: Cette figure est tirée de Avery Dennison. *Avery Dennison Reflective Products Devision*, [En ligne]. [<http://www.reflectives.averydennison.com/images/wu6014.jpg>] Consulté en août 2006.

Le standard américain propose aussi trois types de cône. Ces repères sont utilisés pour canaliser les usagers de la route, séparer deux voies de sens opposé, séparer plusieurs voies de même direction et pour délimiter une zone de travaux de courte durée. Ces cônes sont présentés à la figure 2.29.

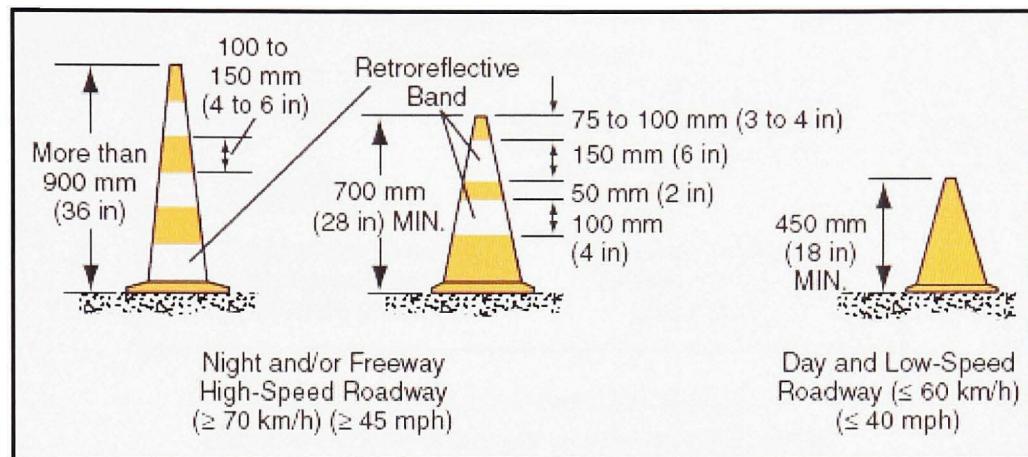


Figure 2.29 USA : « Cones ».
(Tiré de Federal Highway Administration , 2003)

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Adiministration. (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington D.C.

Le plus petit cône ne peut être utilisé que sur des routes à basse vitesse et de jour. Les deux autres sont pour les routes de plus de 70 km/h et pour les conditions de nuit. Les bandes rétroréfléchissantes du cône de plus de 900 mm de hauteur sont sujettes aux mêmes spécifications que le « Drum ». Pour ce qui est du cône de 700 mm, les différentes dimensions de ce dernier sont mentionnées à la figure 2.29 (Federal Highway Administration, 2003).

Une panoplie d'autres repères temporaires est présentée dans le MUTCD (Federal Highway Administration, 2003). Entre autres, il y a les « Tubular markers » présentés à la figure 2.30.

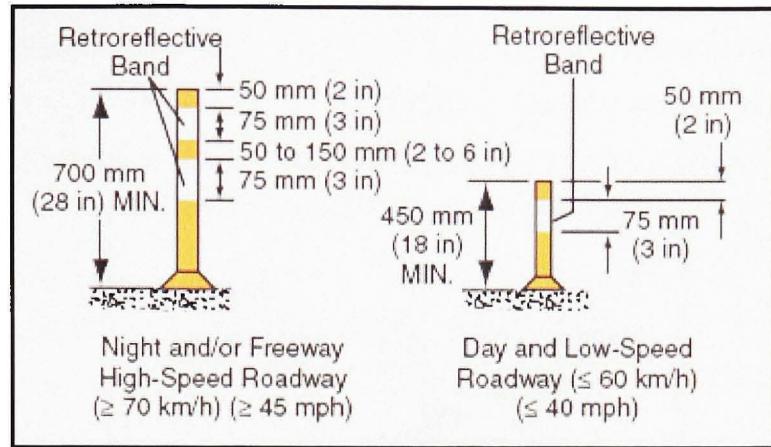


Figure 2.30 USA : « Tubular Markers ».
(Tiré de Federal Highway Administration, 2003)

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington D.C.

Le standard mentionne que ce type de repère doit être de couleur orange fluorescent et doit posséder les dimensions telles qu'indiquées à la figure 2.30. Sur une route à grande vitesse (>70 km/h) ou de nuit, le modèle de gauche est requis, alors que pour les utilisations sur des routes à basse vitesse et de jour seulement le modèle de droite peut suffire. Il est à noter que le modèle de grande dimension peut être évidemment utilisé pour remplacer celui de plus faible dimension. Les bandes rétroréfléchissantes sont de couleur blanche et placées selon les dimensions de la figure 2.30. Ce dispositif, tout comme le T-RV-10, doit être utilisé lorsque l'espace disponible est restreint et ne permet pas l'utilisation de dispositif de plus grande dimension. Les « tubular markers » peuvent être utilisés autant pour séparer des voies de même direction que de direction opposée. Ils sont aussi appropriés pour délimiter un dénivélé abrupt du côté d'une voie lors de travaux (Federal Highway Administration, 2003).

En plus de ces repères, il y a le « Vertical Panel ». Ce dispositif est utilisé dans les cas où l'espace est limité pour canaliser la circulation, diviser des voies de sens opposé ou pour remplacer des barricades. Il comprend des bandes rétroréfléchissantes orange et blanches possédant les dimensions indiquées à la figure 2.31. La position basse de la diagonale doit être placée du côté de la circulation. Si la nécessité d'une plus grande visibilité est requise, une lumière peut être installée sur le dispositif (Federal Highway Administration, 2003).

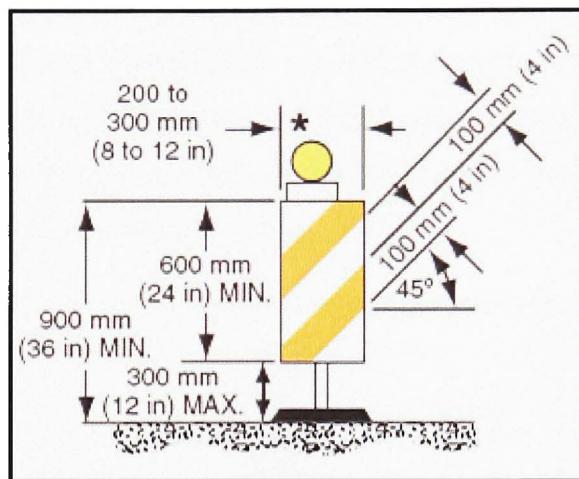


Figure 2.31 USA : « Vertical Panel ».
(Tiré de Federal Highway Administration, 2003)

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington D.C.

En addition aux dispositifs demandés par le MUTCD (Federal Highway Administration, 2003), certains états se sont munis d'outils supplémentaires afin de pouvoir améliorer le contrôle sur la circulation.

2.3.2 Supplément de l'état du Nebraska

L'état du Nebraska s'est doté d'un cône d'environ 1060 mm (42'') présenté à la figure 2.32. Ce cône, contrairement à ceux du MUTCD, possède des bandes rétroréfléchissantes orange fluorescent en plus des bandes blanches. Les bandes sont au nombre de 4 et de dimensions minimales de 100 mm (4''). Elles sont placées du haut vers le bas débutant avec une bande orange (Nebraska Department of Roads, 2005).

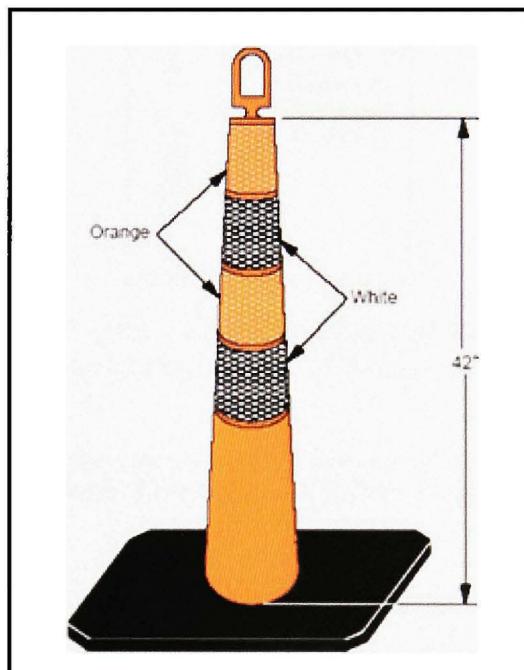


Figure 2.32 USA : « 42'' Cone ».
(Tiré de Nebraska Department of Roads, 2005)

Source : Cette figure est tirée de Nebraska Department of roads. (2005). *States of Nebraska Supplement to the Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Nebraska, 31 p.

2.3.3 Supplément de l'état de la Virginie

L'état de la Virginie s'est doté de plusieurs dispositifs additionnels dans son supplément au MUTCD (Federal Highway Administration, 2003).

Le premier dispositif supplémentaire proposé est le « Surface mounted delineator » présenté à la figure 2.33. Ce dispositif est principalement utilisé pour la séparation au centre de deux voies de sens opposé. Afin de s'assurer que le repère reste en place, il doit être ancré dans la chaussée (Virginia Department of Transportation, 2005). Les positions et dimensions des bandes rétroréfléchissantes blanches sont décrites à la figure 2.33.

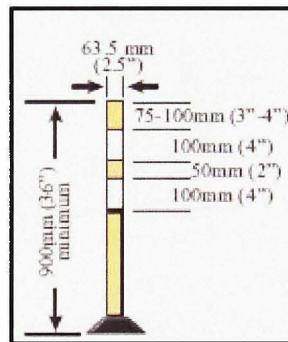


Figure 2.33 USA : « Surface Mounted Delineator ».
(Tiré de Virginia Department of Transportation, 2005)

Source : Cette figure est tirée de Virginia department of transportation. (2005) *States of Virginia Supplement to the Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Richmond, 212 p.

L'état de la Virginie utilise elle aussi un cône de très grande dimension appelé « Weighted Channelizer ». Il est utilisé pour canaliser la circulation la nuit et/ou sur les routes dont la vitesse affichée est de plus de 45 mph soit environ 70 km/h. La norme mentionne que ce dispositif est considéré comme moins visible que les autres dispositifs servant à la canalisation tels les « Drums ». Il ne doit donc être utilisé que dans les endroits où l'espace est restreint ou en présence de dispositifs de plus grande dimension. Ce repère utilise des bandes rétroréfléchissantes orange fluorescent et blanches (Virginia Department of Transportation, 2005). Les caractéristiques géométriques de ces bandes et du repère lui-même sont décrites à la figure 2.34.

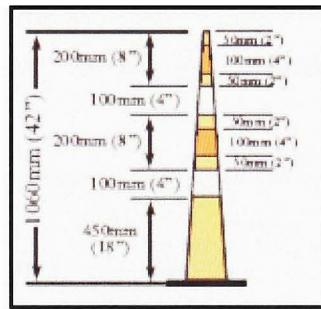


Figure 2.34 USA : « Weighted Channelizer ».
(Tiré de Virginia Department of Transportation, 2005)

Source : Cette figure est tirée de Virginia department of transportation. (2005) *States of Virginia Supplement to the Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Richmond, 212 p.

2.3.4 Supplément de l'état du Texas

L'état du Texas possède sa propre norme en ce qui a trait à la signalisation. Pour ce qui est des dispositifs utilisés en zones de travaux, le Texas possède quelques dispositifs supplémentaires à la norme nationale.

En plus des cônes mentionnés dans le MUTCD 2003, le Texas utilise, lui aussi, un cône possédant des dimensions encore plus grandes. Ce cône de 1060 mm (42'') possède les dimensions indiquées à la figure 2.35. Tout comme les autres cônes, celui-ci peut être utilisé pour canaliser la circulation, séparer des voies de même direction ou de direction opposée et, à la rigueur, définir une zone de travail de courte durée (Texas Department of Transportation, 2006).

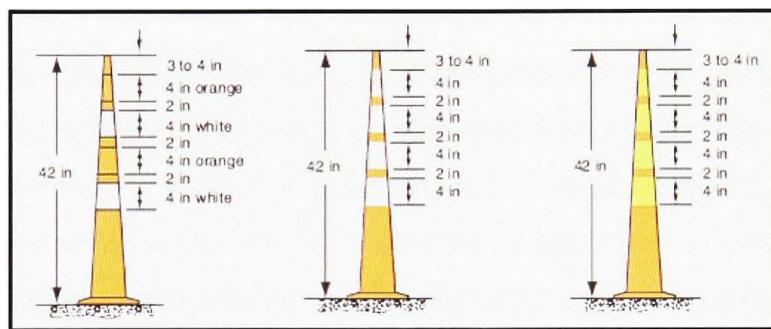


Figure 2.35 USA : « Cone » et « Edgeline Channelizer ».
(Tiré de Texas Department of Transportation, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Texas department of transportation. (2006). *Texas Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Texas.

Un dispositif fait sur la même base que le cône est aussi utilisé par le Texas. En effet, les « Edgeline Channelizers » ressemblent beaucoup au cône, seules leurs bandes rétroréfléchissantes sont différentes. Ces dispositifs sont utilisés pour canaliser la circulation en montrant les limites latérales de la route, le dispositif blanc étant sur la ligne blanche et le jaune sur la ligne jaune. En aucun cas, ces deux dispositifs ne peuvent être utilisés pour séparer les voies de circulation qu'elles soient de même sens ou de sens opposé (Texas Department of Transportation, 2006).

2.4 Australie (South-Australia State et Queens State)

Le système australien fonctionne sensiblement de la même façon que le système américain. En effet, chaque état du pays administre les routes de son territoire. De plus, certaines routes appartiennent au gouvernement fédéral et sont donc gérées par ce dernier soit le « Department of Transport and Regional Services » (DOTARS). Un regroupement constitué des états et de professionnels forme un comité qui publie un standard. Ce standard porte le même nom que le standard américain, soit le « Manual of Uniform Traffic Control Devices » (AS 1742.3-2002). Cet ouvrage est publié afin d'uniformiser les routes du pays. Les états s'appuient sur cette publication. Certains aspects peuvent varier d'un état à l'autre afin de permettre à ces derniers d'inclure de l'information supplémentaire. Le MUTCD représente cependant le minimum demandé.

Dépendamment de la vitesse affichée et de s'il s'agit de travaux effectués sur une longue ou une courte période, le MUTCD australien prescrit trois types de dispositifs possibles. Pour les travaux de courte durée en zones de basses vitesses, le standard précise l'utilisation d'un cône de dimension variant entre 450 mm et 500 mm (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002). Toujours pour les travaux de courte durée mais dans les zones de plus grandes vitesses, la recommandation est d'utiliser le « Large cone » soit un cône de plus de 700 mm de hauteur (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002).

Pour les travaux de longue durée, la canalisation des véhicules se fait à l'aide des « Bollards », un dispositif relativement semblable au T-RV-10 possédant par contre un diamètre d'un minimum de 100 mm et une hauteur minimale de 750 mm (figure 2.36). Les couleurs de ces dispositifs doivent être rouge ou orange fluorescent (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002).

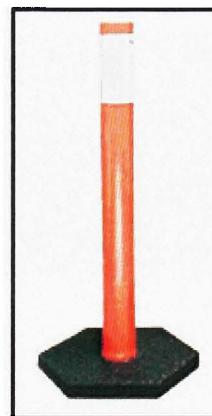


Figure 2.36 AUS : « Bollard ».
(Varricchio, 2006)

Source : Cette figure provient de Varricchio, Vince. (2006). Transport South Australia, *consultation personnelle*.

Selon la norme AS 1742.3-2002 (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002), les trois dispositifs australiens sont munis d'une seule bande rétroréfléchissante de couleur blanche. La qualité rétroréfléchissante de la bande doit être au minimum de classe 1 selon la norme Australie/Nouvelle-Zélande 1906.1 :1993 (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 1993). Après comparaison avec les standards ASTM D 4956-05, la classe 1 est équivalente au Type III.

Il est aisé de constater que la norme australienne est très différente de ce qui est présentement utilisé au Québec. La surface blanche r tror flectrice est environ deux fois moins grande et en une seule bande. De plus la couleur rouge ou orange n'est pas du tout r tror f chissante, ce qui diminue considérablement la surface apparente r tror f chie de 270 000 mm²   25 000 mm² soit d'un facteur presque égal à 11.

Le tableau 2.10 définit les dimensions prescrites dans la norme AS 1742.3-2002 (Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002).

Tableau 2.10

Caractéristiques des repères australiens
(Adapté de Department of Transport, Energy & Infrastructure, 2002)

Balise	Hauteur (mm)	Largeur des bandes (mm)	Position des bandes à partir du sommet (mm)
Cône	400 à 500	150	130 ± 5
Cône	700 et plus	250	220 ± 5
"Bollard"	Toutes	250	220 ± 5

Source: Ce tableau est adapté de Department of Transport, Energy & Infrastructure. (2002). *Australian Standard AS 1742.3-2002*, Homebush, Standards Australia.

2.5 Nouvelle-Zélande

En ce qui a trait aux routes de la Nouvelle-Zélande, les autoroutes de l'état sont administrées par une société de la couronne nommée « Transit New Zealand ». Cette dernière publie le « Code of practice for temporary traffic management ».

La Nouvelle-Zélande utilise trois dispositifs de grande dimension soit le « Barrel », le « Cone » et le « Tubular Delineator » et un de petite dimension, soit un cône servant à la protection du marquage de la chaussée. Les trois repères de grandes dimensions possèdent la même hauteur, soit 900 mm tel qu'indiqué à la figure 2.37. Le « Barrel » est celui qui se rapproche le plus du T-RV-7. Il doit posséder des dimensions minimales à sa base de 600 mm x 600 mm. Quant au « Tubular Delineator », il est plus près du T-RV-10. Il possède un diamètre minimal de 100 mm (Transit New-Zealand, 2006).

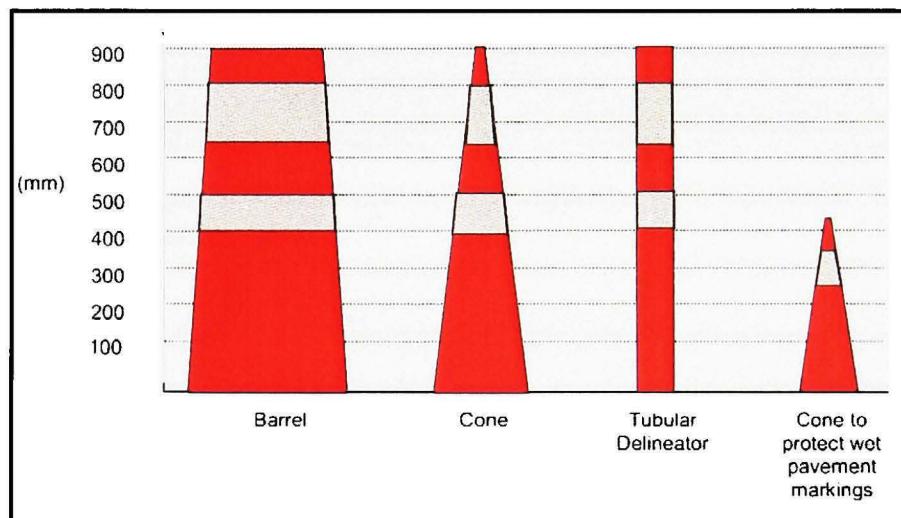


Figure 2.37 Repères utilisés en Nouvelle-Zélande.
(Tiré de Transit New-Zealand, 2006)

Source : Cette figure est tirée de Transit New-Zealand. (2006). *Code of practice for temporary traffic management*, Wellington.

Peu importe le dispositif analysé, la Nouvelle-Zélande utilise toujours les mêmes caractéristiques en ce qui a trait aux bandes rétroréfléchissantes. En effet, tous les repères, de grandes dimensions, possèdent deux bandes de couleur blanche. Une de 100 mm de largeur située à 400 mm du sol et une autre de 150 mm de largeur située à 650 mm du sol tel qu'indiqué au tableau 2.11 (Transit New-Zealand, 2006).

Tableau 2.11

Caractéristiques des repères neozélandais
(Adapté de Transit New-Zealand, 2006)

Dimension (mm)	Utilisation	Nombre de bandes	Largeur des bandes (mm)	Position des bandes à partir du sol (mm)
900	Tout types de routes	2	100	400
			150	650
450	Protection du marquage frais	1	100	250

Source : Cette figure est tirée de Transit New-Zealand. (2006). *Code of practice for temporary traffic management*, Wellington.

Pour ce qui est de la qualité de rétroréflexion des bandes utilisées, ces dernières sont soumises aux mêmes spécifications de la norme conjointe entre l'Australie et la Nouvelle-Zélande soit la AS/NZS 1906.1 :1993. Les bandes doivent donc rencontrer les spécifications dites de « class 1 » de cette norme, soit l'équivalent d'un type III ASTM D 4956-05.

Tout comme son homologue australien, les repères visuels de la Nouvelle-Zélande possèdent seulement des bandes blanches ayant des caractéristiques rétroréfléchissantes. Le reste du dispositif est fabriqué d'un matériel plastique orange fluorescent.

2.6 Belgique (région Wallonne)

La Belgique présente une vaste gamme de balises. Les différentes informations ont été obtenues du ministère wallon de l'Équipement et des Transports. En tout, cinq balises sont proposées. Il est important de mentionner que pour toutes les figures dans cette section, les parties hachurées représentent la couleur rouge. Les balises sont donc rouges et blanches. De plus, Peeters (2006) du ministère wallon de l'Équipement et des Transports a confirmé que son administration n'utilisait pas de balise type « baril » tel qu'on les connaît.

Premièrement, il y a les balises avec lignes et traits obliques à 45°. Ces balises sont dites de type « Ia.1 » et « Ib.1 ». Elles sont utilisées pour délimiter latéralement le chantier et ce, surtout au début de ce dernier. À celles-ci, les types « Ia.2 » et « Ib.2 » peuvent être ajoutés. Ces repères portent le nom de balise avec flèche. Ces balises sont utilisées pour le rabattement afin d'amener les véhicules d'une voie de circulation à une autre. Ces balises sont placées en tête du chantier (Peeters, 2006). Les différentes caractéristiques géométriques de ces balises sont présentées aux figures 2.38 et 2.39.

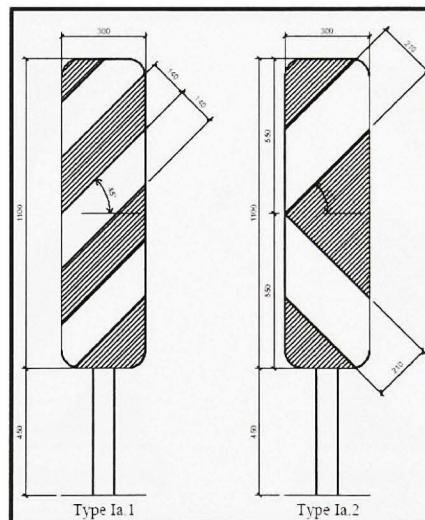


Figure 2.38 Balises de type Ia.
(Peeters, 2006)

Source : Cette figure provient de Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallonne de Belgique, *consultation personnelle*.

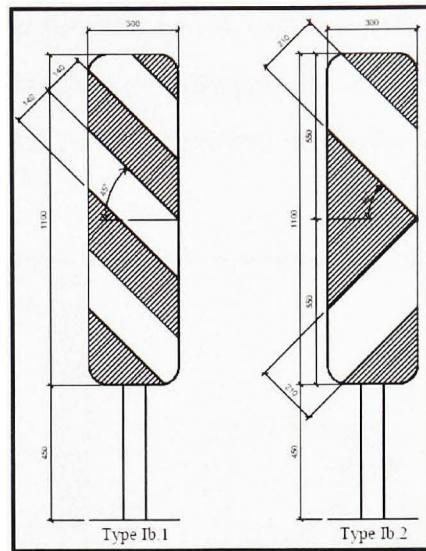


Figure 2.39 Balises de type Ib.
(Peeters, 2006)

Source : Cette figure provient de Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallone de Belgique, *consultation personnelle*.

Il existe aussi un modèle plus bas tel que montré à la figure 2.40.

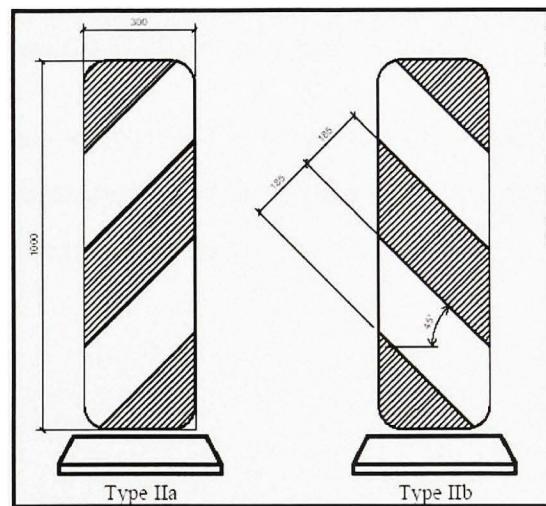


Figure 2.40 Balises de type IIa et IIb.
(Peeters, 2006)

Source : Cette figure provient de Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallone de Belgique, *consultation personnelle*.

Un troisième type de repère est proposé soit la balise étroite nommée « IIc » qui est utilisé pour baliser le chantier latéralement lorsque ce dernier est de grande envergure (figure 2.41). La forme étroite de ce repère permet de limiter la prise au vent lors du passage de camions (Peeters, 2006).

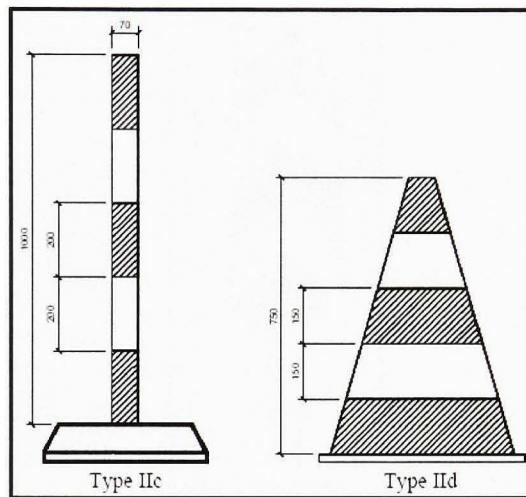


Figure 2.41 Balises de type IIc et IIId.
(Peeters, 2006)

Source : Cette figure provient de Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallone de Belgique, *consultation personnelle*.

À ce repère, il faut ajouter le type « IIId » (figure 2.41). Cette balise est un cône et est utilisée dans les mêmes conditions que le « IIc ». Elle est cependant réservée pour les interventions de courte durée (Peeters, 2006).

La balise de type « Ic » (figure 2.42) est utilisée au début d'une bifurcation (Peeters, 2006).

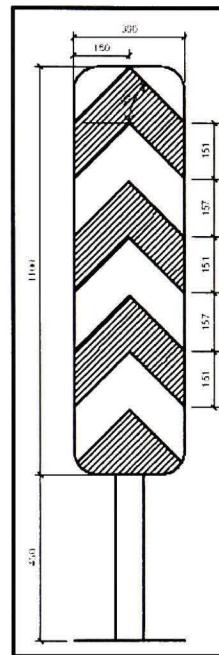


Figure 2.42 Balises de type Ic.
(Peeters, 2006)

Source : Cette figure provient de Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallonne de Belgique, *consultation personnelle*.

La rétroréflexion est la même pour toutes ces balises. Selon Peeters (2006), les pellicules rétroréfléchissantes sont de type III défini par le cahier spécial de charges RW99 de la région wallonne et qui correspond à peu de chose près au « grade diamant » de la compagnie 3M, soit un type VII ASTM D 4956-05.

Il est important de constater que la plupart des balises ont une largeur de 300 mm soit la même que les balises T-RV-8 et T-RV-9 du Québec. Cependant, les bandes sont diagonales, plus larges et de couleur rouge.

2.7 France

La signalisation française est régie par le Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA). Ce service est rattaché à la Direction des routes du ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement. Ce dernier intervient sur toutes les techniques routières (hors milieu urbain et tunnels), de la planification des infrastructures à leur entretien en passant par leur conception, leur construction, leur exploitation, la protection de leur environnement et bien sûr leur sécurité.

Le standard qui régit la signalisation est l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière (Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002). Le chapitre huit « Signalisation Temporaire » propose une grande diversité de dispositifs.

Les figures 2.43 et 2.44 présentent les dispositifs « K5a » à « K5d ».

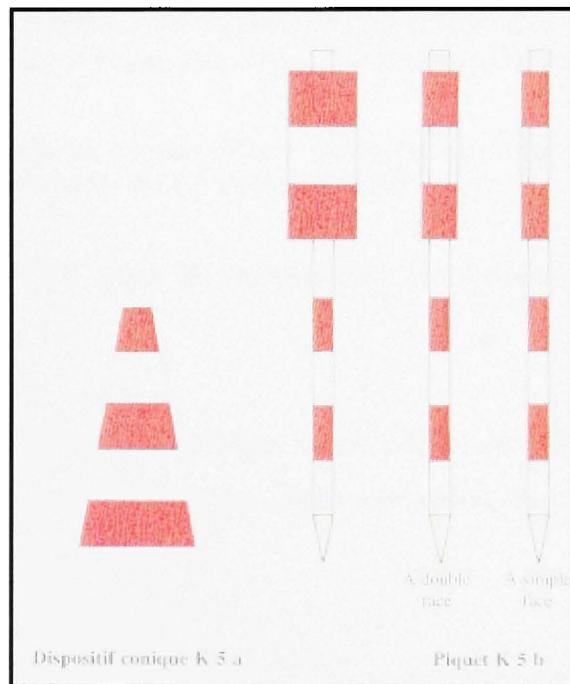


Figure 2.43 Balises de type K5a et K5b.
(Tiré de Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002)

Source : Cette figure est tirée de Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.

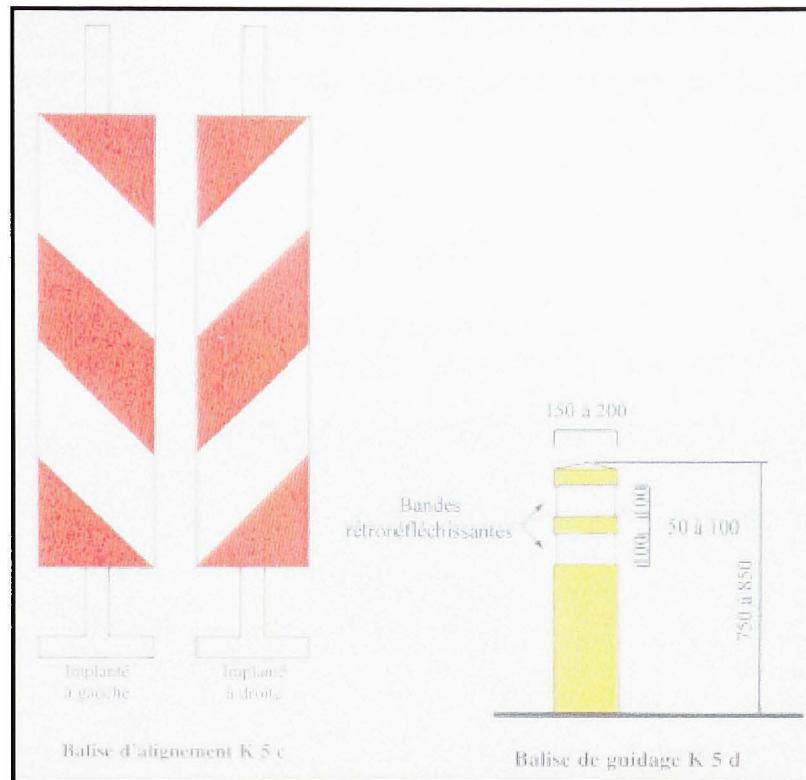


Figure 2.44 Balises de type K5c et K5d.
(Tiré de Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002)

Source : Cette figure est tirée de Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.

Ces dispositifs sont utilisés pour la signalisation de position des limites d'obstacles temporaires.

De plus, tout comme l'administration belge, Graff (2006) du SETRA a confirmé que son administration n'utilisait pas de balise type « baril » tel qu'on les connaît.

Le tableau 2.12 décrit tel que mentionné dans l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière (Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes 2002) les caractéristiques des balises « K5 ».

Tableau 2.12

Propriétés des balises « K5 »
(Adapté de Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002)

K5. - Signalisation de position des limites d'obstacles temporaires.	
K5a. - Dispositif conique.	
Description: Alternance de 5 bandes blanches et rouges ou oranges.	
K5b. - Piquet.	
Description: Le piquet a une ou deux barrettes.	
Dimension: Les dimensions des barrettes sont 0,375 m x 0,15 m. La hauteur du support est de 1,10 m. La hauteur d'une bande de support est de 0,12 m.	
K5c. - Balise d'alignement.	
Description: Alternance de bandes biaises rouges et blanches à 45°, dont la pente vers le sol est dirigée vers la voie laissée à la circulation.	
Dimension: Les dimensions des balises sont 1 m x 0,25 m. La largeur des bandes biaises, mesurée verticalement, est de 0,25 m. La balise est placée de telle façon que le côté inférieur soit à 0,20 m au-dessus du sol.	
Emploi: Ces balises sont surtout utilisées sur les routes à 3 ou 4 voies ou à chaussées séparées.	
K5d. - Balise de guidage.	
Description: Balise jaune, munie de deux bandes blanches rétroréfléchissantes, lestée ou fixée au sol par un dispositif spécifique.	
Dimension: La hauteur de la balise est comprise entre 0,70 m et 0,85 m ; la largeur apparente entre 0,15 et 0,20 m. Les bandes rétroréfléchissantes ont 0,10 m de hauteur, sont espacées de 0,05 à 0,10 m et sont placées dans les deux tiers supérieurs de la balise.	
Emploi: Ces balises sont utilisées lorsque les sujétions de trafic et la longueur du chantier nécessite une plus grande fiabilité du balisage.	

Source : Ce tableau est tiré de Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.

En ce qui a trait à la qualité de la rétroréflexion de ces balises, elle est régie par une norme française. Les caractéristiques pour chaque balise sont présentées aux tableaux 2.13 et 2.14.

Pour la balise K5a :

Tableau 2.13

Caractéristiques rétroréfléchissantes à l'état sec
(Adapté de Graff, 2006)

Angle d'observation alpha	0,33°		
Angles d'éclairage			
Bêta 1	0	0	0
Bêta 2	+5°	+30°	+40°
R (en cd/lx/m ²)	250	170	60
Angle d'observation alpha	1°30'		
Angles d'éclairage			
Bêta 1	0	0	0
Bêta 2	+5°	+30°	+40°
R (en cd/lx/m ²)	4,5	3,5	2,5

Source : Ce tableau est adapté de Graff, Michel. (2006). Service d'Étude technique des Ponts et Autoroutes, *consultation personnelle*.

Tableau 2.14

Caractéristiques rétroréfléchissantes à l'état mouillé
(Adapté de Graff, 2006)

Angle d'observation alpha	0,33°
Angles d'éclairage	
Bêta 1	0
Bêta 2	+5°
R (en cd/lx/m ²)	75

Source : Ce tableau est adapté de Graff, Michel. (2006). Service d'Étude technique des Ponts et Autoroutes, *consultation personnelle*.

Pour ce qui est des balises K5b et K5c, la qualité de la rétroréflexion dépend du type de catégorie de film appliqué sur la balise. La norme française dénombre quatre catégories, soit :

Catégorie A : film seul ;

Catégorie B : film plus encre transparente ou film transparent coloré ;

Catégorie C : film plus vernis protecteur ou film transparent incolore protecteur ;

Catégorie D : revêtement de catégorie B plus vernis protecteur ou film transparent incolore protecteur.

Pour les revêtements de catégories A et C, les valeurs minimales du coefficient de rétroréflexion, en fonction des angles d'éclairage (vertical b2 et horizontal b1) et de l'angle d'observation α , sont données au tableau 2.15, suivant les classes (Graff, 2006).

Pour les revêtements des catégories B et D, les valeurs minimales du coefficient de rétroréflexion sont égales à 70 % des valeurs indiquées dans le tableau 2.15 (Graff, 2006).

Tableau 2.15

Caractéristiques rétroréfléchissantes
(Adapté de Graff, 2006)

Classe T1 et 1	Coefficient de rétroréflexion min en cd.lx ⁻¹ .m ²					
	Angle de divergence en degrés α					
	1/3		2			
	Angle d'éclairage en degrés β_1 / β_2					
Classe T1 et 1	0 / +5	0 / +30	0 / +40	0 / +5	0 / +30	0 / +40
Blanc	50	24	29	5	2,5	1,5
Jaune	35	16	6	3	1,5	1
Rouge	10	4	1,8	1	0,5	0,5
Vert	7	3	1,2	0,5	0,3	0,2
Marron	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Bleu	2	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Orange	20	8	2,2	1,2	0,5	0,1
Classe T2 et 2	0 / +5	0 / +30	0 / +40	0 / +5	0 / +30	0 / +40
Blanc	180	100	95	5	2,5	1,5
Jaune	120	70	60	3	1,5	1
Rouge	25	14	13	1	0,4	0,3
Vert	21	12	11	0,5	0,3	0,2
Marron	8	5	3	0,2	0,1	0,1
Bleu	14	8	7	0,2	0,1	0,1
Orange	65	40	20	1,5	1	1

Source : Ce tableau est adapté de Graff, Michel. (2006). Service d'Étude technique des Ponts et Autoroutes, *consultation personnelle*.

Pour ce qui est de la balise K5d, selon les cas d'utilisation, les caractéristiques photométriques des revêtements rétroréfléchissants, mesurées à l'état neuf ou après vieillissement artificiel, à l'état sec ou mouillé, doivent être conformes aux valeurs des K5a, des K5b/K5c classe 1, ou des K5b/K5c classe 2 (Graff, 2006).

La figure 2.45 montre l'utilisation typique des balises « K5c ». Les balises sont visibles des deux côtés ou d'un côté seulement.



Figure 2.45 Utilisation des balises K5c.
(Adapté de St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure est adaptée de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

La France utilise aussi les balises « K8 » pour la signalisation temporaire. Ces balises servent lors d'une déviation ou d'un rétrécissement temporaire de chaussée. Les « K8 » sont séparés en deux catégories, soit multichevron et monochevron (figures 2.46 et 2.47).

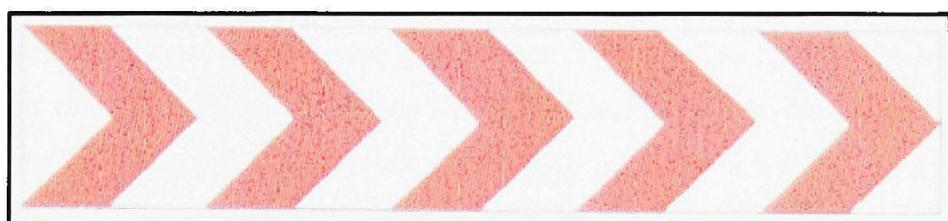


Figure 2.46 Multichevron.
(Tiré de Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002)

Source : Ce tableau est tiré de Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.

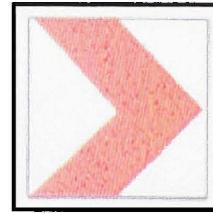


Figure 2.47 Monochevron.

(Tiré de Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002)

Source : Ce tableau est tiré de Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.

Les chevrons sont utilisés pour la matérialisation d'un biseau. Pour les multichevrons, deux types de dimensions existent. La gamme normale d'une hauteur de 0,5 m et la grande gamme d'une hauteur de 0,9 m. La longueur est variable mais est habituellement équivalente à 5 fois la hauteur. Les circonstances locales peuvent amener à adopter des hauteurs ou des nombres de chevrons différents. Le monochevron se présente aussi sous deux types de dimension, soit la grande gamme (0,9 m x 0,9 m) et la très grande gamme (1,05 m x 1,05 m).

Tel que mentionné auparavant, la France utilise des cônes pour la délimitation et la canalisation. Ces dispositifs sont mentionnés dans l'« Instruction interministérielle sur la signalisation routière » (Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes, 2002). Ils sont de couleur rouge et blanche ou orange et blanche. L'usage de ce dispositif a été observé dans plusieurs régions de la France et dans plusieurs situations différentes (St-Jacques, 2006). Les cônes observés n'ont pas été mesurés mais auraient une hauteur d'environ 700 mm. La géométrie de ce repère serait donc relativement semblable au T-RV-3 du Québec.

Les figures 2.48 à 2.49 montrent quelques utilisations des cônes français.



Figure 2.48 Exemple d'utilisation des cônes (1).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



Figure 2.49 Exemple d'utilisation des cônes (2).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

2.8 Synthèse

La comparaison des balises québécoises avec celles utilisées dans d'autres régions du monde montre certaines différences notables auxquelles semblent souscrire la plupart de ces pays. Plusieurs faits intéressants ressortent de cette comparaison.

- 1- La plupart des balises de grandes dimensions possèdent une hauteur nominale plus faible que celles utilisées au Québec. La hauteur moyenne est d'environ 800 à 1000 mm contrairement à 1200 mm pour les T-RV 7,8 et 9. Comme la hauteur moyenne de l'œil d'un conducteur est estimée à 1050 mm, la plupart des balises rencontrées sont donc plus basses que l'œil du conducteur, contrairement à celles du Québec.
- 2- La totalité des balises étrangères possèdent une couleur autre que le blanc au sommet de la balise. De plus, que la couleur soit rétroréfléchissante ou non, le pattern de la balise ne débute jamais à son sommet par une bande blanche rétroréfléchissante.
- 3- Plusieurs combinaisons de couleurs sont utilisées. La couleur orange et la couleur rouge semblent cependant être en accord avec la signification de travaux.
- 4- La largeur des bandes rétroréfléchissantes utilisées, peu importe leur couleur, sur les repères de grandes dimensions sont pour la plupart de 100 mm de largeur et n'excède jamais 150 mm.
- 5- La surface rétroréfléchissante des balises québécoises est de 270 000 mm². Cette surface représente une des plus grandes de toutes les balises analysées. De plus, la quantité totale théorique de lumière rétroréfléchie est de 71,82 cd/lx. Outre la balise belge, aucune autre ne possède une telle quantité.

Les tableaux 2.16 et 2.17 présentent une synthèse des balises analysées et jugées semblables et applicables au Québec.

Tableau 2.16

Synthèse des dispositifs analysés (géométrie)

Administration	Repères visuels	Couleurs	Largeur moyenne (mm)	Hauteur moyenne (mm)	Nombre de bandes	Surface apparente totale (m ²)
Québec	T-RV-7 / T-RV-8	Blanc	300	84	5	0,126
		Orange	300	120	4	0,144
						0,270
Ontario	Drum	Noir	440	100	3	---
		Orange	440	100	4	0,132
Manitoba	Plastic Drum	Blanc	300	100	1	0,030
		Orange	300	100	2	0,060
						0,090
Colombie-Britannique	Flexible Drum	Blanc	300	100	2	0,060
		Orange	300	100	3	0,090
						0,150
Saskatchewan	Flexible Drum	Blanc	450	100	2	0,090
		Orange	450	100	2	0,090
						0,180
Nouveau-Brunswick	Channelizer Barrel	Blanc	450	100	2	0,090
						0,090
Terre-Neuve et Labrador	Flexible Drum	Noir	---	---	4	---
		Orange	440	100	4	0,176
						0,176
États-Unis	Drum dim min	Blanc	450	100	2	0,090
		Orange	450	100	2	0,090
	Drum dim max	Blanc	450	150	2	0,135
		Orange	450	150	2	0,135
						0,270
Australie	Bollard	Blanc	100	250	1	0,025
						0,025
Nouvelle-Zélande	Barrel	Blanc	500	150	1	0,075
			450	100	1	0,045
						0,120
Belgique	Type Ia.1	Blanc	---	---	---	0,160
		Rouge	---	---	---	0,170
						0,330
France	K5c	Blanc	---	---	---	0,125
		Rouge	---	---	---	0,125
						0,250

Tableau 2.17

Synthèse des dispositifs analysés (rétroréflexion)

Repères visuels	Hauteur minimale	Rétroréflexion (type ASTM)	Coeff de rétroréflexion		Surface apparente totale (m ²)	Qté théorique de lumière rétroréfléchie (cd/lx)
			Angle de Divergence / Incidence	cd/lx*m ²		
T-RV-7 / T-RV-8 QC	1200 mm	III VII	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 280	0,126 0,144	31,50 40,32
					Somme :	71,82
Drum ON	1000 mm	III	0,2° / -4°	250	0,132	33,00
					Somme :	33,00
Plastic Drum MB	1000 mm	III III	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 100	0,03 0,06	7,50 6,00
					Somme :	13,50
Flexible Drum BC	900 mm	VI VI	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 70	0,06 0,09	15,00 6,30
					Somme :	21,30
Flexible Drum SK	N-A	III III	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 100	0,09 0,09	22,50 9,00
					Somme :	31,50
Channelizer Barrel NB	1000 mm	III	0,2° / -4°	250	0,09	22,50
					Somme :	22,50
Flexible Drum TN	1000 mm	III	0,2° / -4°	250	0,176	44,00
					Somme :	44,00
Drum dim min USA	900 mm	III III	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 100	0,09 0,09	22,50 9,00
					Somme :	31,50
Drum dim max USA	900 mm	III III	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 100	0,135 0,135	33,75 13,50
					Somme :	47,25
Bollard AUS	750 mm	III	0,2° / -4°	250	0,025	6,25
					Somme :	6,25
Barrel NZ	900 mm	III III	0,2° / -4° 0,2° / -4°	250 250	0,075 0,045	18,75 11,25
					Somme :	30,00
Type Ia.1 BE	1450 mm	VII VII	0,2° / -4° 0,2° / -4°	750 150	0,16 0,17	120,00 25,50
					Somme :	145,50
K5c FR	1000 mm	---	0,5° / +5° 0,5° / +5°	180 25	0,125 0,125	22,50 3,13
					Somme :	25,63

CHAPITRE 3

ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE I

Chaque administration routière a développé une expertise propre à sa région du monde. Certaines de ces techniques s'approchent de celles développées au Québec alors que d'autres sont complètement différentes.

La stratégie adoptée lors de cette première phase de travaux consistait à sélectionner les configurations les plus applicables à la situation du Québec et de les comparer. Cette façon de procéder assure une comparaison entre des items relativement similaires et reconnus comme étant sécuritaires par les administrations routières auxquelles ils se rattachent.

3.1 Choix des configurations

Les configurations ont été choisies en fonction de leurs applicabilités sur le territoire du Québec et de leurs différences. Une grande diversité aidera à obtenir des résultats plus faciles à comparer. Cinq configurations existantes ont été retenues, soit le « Plastic drum » du Manitoba (figure 2.13), le « Flexible drum » de la Colombie-Britannique (figure 2.16), le « drum » des États-Unis (figure 2.25), le « Barrel » de la Nouvelle-Zélande (figure 2.37) et le « T-RV-7 » du Québec (figure 2.1) qui représente le statu quo.

En plus de ces repères, une gamme d'autres prototypes ont été confectionnés. Ces prototypes ont été créés en fonction des caractéristiques fournies par la revue mondiale ainsi que par certains faits d'optiques relatés dans d'autres recherches (Texas Transportation Institute, 2004 et University of Manchester, 2006)

Le MTQ a fourni cinq balises T-RV-7 et cinq balises T-RV-8 ainsi que des pellicules rétroréfléchissantes de couleurs blanche, bleue et orange. Les balises du Québec ont été

modifiées afin de respecter le plus fidèlement possible les caractéristiques des balises étrangères.

Une photographie de chaque balise a été prise. De plus, afin de fournir un avant goût du comportement rétroréfléchissant de ces mêmes balises, une photographie dans l'obscurité a été prise. La source lumineuse utilisée pour cette dernière option consistait au « flash » de l'appareil photo placé à une hauteur fixe de 1,05 m, soit la hauteur moyenne de l'œil d'un conducteur.

Il est important de mentionner que pour des causes de similitude et de disponibilité de balises, la balise des États-Unis et celle de la Colombie-Britannique (BC) sont considérées comme étant la même balise. La différence résidant dans le fait que la balise américaine ne possède pas la dernière bande orange rétroréfléchissante soit celle du bas, le reste de la configuration étant la même.

Les figures 3.1 à 3.4 montrent les balises du Québec, du Manitoba, de la Colombie-Britannique / États-Unis et de la Nouvelle-Zélande.



Figure 3.1 *Balise québécoise - T-RV-7 / statu quo.*
(Groleau, 2006)



Figure 3.2 Position des bandes selon la balise du Manitoba.
(Groleau, 2006)

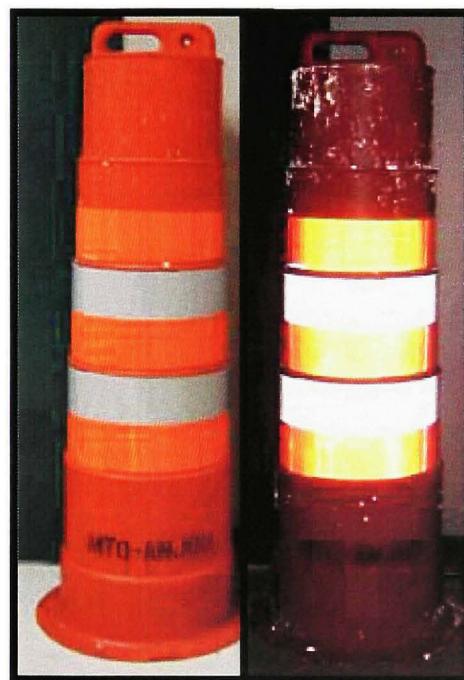


Figure 3.3 Position des bandes selon les balises de la BC et des Etats-Unis.
(Groleau, 2006)



Figure 3.4 Position des bandes selon la balise de la Nouvelle-Zélande.
(Groleau, 2006)

Selon une publication émanant de l'Université de Manchester (2006) intitulée « Reaction Times and stopping distances », il y a deux choses à considérer lorsqu'on s'intéresse à la visibilité des objets. Premièrement, en condition de jour, où la lumière est plus abondante, les objets sont distingués par la différence de couleur. Plus la différence ou le contraste est grand entre les couleurs plus l'objet sera visible. Deuxièmement, en condition de nuit, la distinction des couleurs est beaucoup plus faible dû au manque de lumière. La distinction des objets se fait donc grâce au contraste de luminescence.

Ces deux principes ont donc été utilisés comme base pour ces prototypes. L'idée est de créer une balise qui contraste avec son environnement et qui est visible de jour comme de nuit, le but n'étant pas d'attirer le regard de l'automobiliste sur la balise ou de la rendre tellement captivante que le conducteur ne voit qu'elle. Le but ultime consiste plutôt de l'informer de la présence de travaux, de le guider tout en le rendant plus alerte à un environnement qui demande plus d'attention.

Parce qu'au Québec la couleur orange est associée aux travaux, les prototypes doivent comporter cette couleur.

La balise de l'Ontario a donc servi de base au premier prototype élaboré. Un T-RV-7 a été peint de couleur noire. Quatre bandes orange rétroréfléchissantes de 100 mm de largeur ont ensuite été appliquées sur la balise. Le orange est de type VII comme sur les T-RV-7 standard. Le noir et le orange constituent deux couleurs plus contrastantes que le orange et le blanc. De plus, comme le noir ne possède aucune qualité rétroréfléchissante, le contraste de luminescence est apporté. Aussi, la surface apparente de rétroréflexion est en accord avec la moyenne de la revue mondiale soit 120 000 mm², ce qui représente 150 000 mm² de moins que le T-RV-7 original. La figure 3.5 montre le premier prototype de jour et de nuit.



Figure 3.5 Prototype basé sur l'Ontario.
(Groleau, 2006)

La démarche s'est ensuite poursuivie en abordant l'effet de contraste de couleur. La couleur contrastant le plus avec le orange est sa couleur opposée chromatiquement, soit le bleu. Dans un premier moment, à simple but comparatif, la pellicule blanche rétroréfléchissante d'un T-RV-8 a été remplacée par une pellicule bleue rétroréfléchissante de type VII. Comme le démontre la figure 3.6, le contraste est plus grand. Cependant, le bleu, sous l'effet du « flash » de l'appareil photo, présente une rétroréflexion quasi identique au blanc.



Figure 3.6 Prototype T-RV-8 orange et bleu rétroréfléchissant.
(Groleau, 2006)

La figure 3.7 présente un T-RV-8 original au côté d'un T-RV-8 modifié avec la couleur bleue. Un sondage a été mené auprès de 15 étudiants de maîtrise et du doctorat du département de génie de la construction de l'ÉTS, soit tous les étudiants présents dans le local des étudiants gradués le jour de la conception des prototypes. Ces étudiants sont âgés entre 20 et 30 ans et sont familiers avec le domaine de la construction en général. Le sondage a révélé une préférence au point de vue de la visibilité de jour et de l'esthétique du T-RV-8 modifié, avec la couleur bleue, dans un rapport de 10 contre 5, soit le double.



Figure 3.7 T-RV-8 modifié en bleu et T-RV-8 standard.
(modifié préféré à 10 contre 5)
(Groleau, 2006)

Deux autres prototypes ont été produits. Ces derniers ont été conçus en se basant sur les deux derniers prototypes (figures 3.5 et 3.6). La combinaison des couleurs bleue et orange a été conservée. Cette combinaison représente les deux couleurs les plus contrastantes en notant que le orange doit être conservé. La couleur bleue n'est cependant pas rétroréfléchissante. Ceci amène une dynamique de contraste de luminescence pour la nuit. Ensuite, dans un souci de réduire la surface apparente rétroréfléchissante, le premier prototype, nommé ÉTS 1, comporte quatre bandes de type VII orange rétroréfléchissant de 100 mm de largeur et espacées de 100 mm. Il présente donc une surface équivalente au prototype basé sur l'Ontario soit $120\ 000\ mm^2$. Le deuxième, nommé ÉTS 2, possède trois bandes de même qualité, mais celles-ci sont de 150 mm de largeur et espacées de 225 mm. Il a donc $135\ 000\ mm^2$ de surface rétroréfléchissante. Les figures 3.8 et 3.9 présentent ces nouveaux prototypes.



Figure 3.8 ÉTS 1 : T-RV-8 modifié en bleu non rétroréfléchissant
(Quatre bandes orange rétroréfléchissantes 100 mm).
(Groleau, 2006)



Figure 3.9 ÉTS 2 : T-RV-8 modifié en bleu non rétroréfléchissant
(Quatre bandes orange rétroréfléchissantes 150 mm).
(Groleau, 2006)

Les tableaux 3.1 et 3.2 montrent les différentes caractéristiques des dispositifs analysés lors de la phase I.

Tableau 3.1

Synthèse des dispositifs analysés, phase I : (géométrie)

Repères visuels	Hauteur	Couleurs	Largeur moyenne (mm)	Hauteur moyenne (mm)	Nombre de bandes	Surface apparente totale (m ²)
T-RV-7	1200 mm	Blanc	300	84	5	0,126
		Orange	300	120	4	0,144
						0,270
Ontario	1200 mm	Noir	300	100	3	---
		Orange	300	100	4	0,120
Manitoba	1000 mm	Blanc	300	100	1	0,030
		Orange	300	100	2	0,060
						0,090
Colombie-Britannique	900 mm	Blanc	300	100	2	0,060
		Orange	300	100	3	0,090
						0,150
Nouvelle-Zélande	900 mm	Blanc	300	150	1	0,045
			300	100	1	0,030
						0,075
T-RV-8 bleu rétroréfléchissant	1200 mm	Bleu	300	84	5	0,126
		Orange	300	120	4	0,144
						0,270
ETS-1	1200 mm	Bleu	300	100	3	---
		Orange	300	100	4	0,120
						0,120
ETS-2	1200 mm	Bleu	300	225	2	---
		Orange	300	150	3	0,135
						0,135

Tableau 3.2

Synthèse des dispositifs analysés, phase I (rétroréflexion)

Repères visuels	Rétroréflexion (type ASTM)	Coeff de rétroréflexion		Surface apparente totale (m ²)	Qté théorique de lumière rétroréfléchie (cd/lx)
		Angle de Divergence / Incidence	cd/lx*m ²		
T-RV-7	III	0,2° / -4°	250	0,126	31,50
	VII	0,2° / -4°	280	0,144	40,32
				Somme :	71,82
Ontario	VII		0,2° / -4°	280	0,12
					Somme : 33,60
Manitoba	III	0,2° / -4°	250	0,03	7,50
	VII	0,2° / -4°	280	0,06	16,80
				Somme :	24,30
Colombie-Britannique	III	0,2° / -4°	250	0,06	15,00
	VII	0,2° / -4°	280	0,09	25,20
				Somme :	40,20
Nouvelle-Zélande	III	0,2° / -4°	250	0,045	11,25
	III	0,2° / -4°	250	0,03	7,50
				Somme :	18,75
T-RV-8 bleu rétroréfléchissant	VII	0,2° / -4°	34	0,126	4,28
	VII	0,2° / -4°	280	0,144	40,32
				Somme :	44,60
ÉTS-1	VII		0,2° / -4°	280	0,12
					Somme : 33,60
ÉTS-2	VII		0,2° / -4°	280	0,135
					Somme : 37,80

3.2 Description et facteurs contrôlés

Les essais ont été réalisés dans un environnement où certains facteurs sont contrôlés. Ceci est fait afin d'obtenir les mêmes conditions pour chaque configuration et de réduire au maximum la susceptibilité d'obtenir des variances. Chaque configuration a été analysée afin d'en retenir un certain nombre qui seront ensuite comparées au T-RV-7 sur un essai terrain. La dite sélection est faite à l'aide d'observations contrôlées afin de fournir la meilleure alternative probable à la présente configuration.

3.2.1 Véhicules et sources lumineuses

Pour des fins de facilité de déplacement, de répétitivité et de représentativité la plus fidèle de la réalité, la source lumineuse préconisée a consisté à celle produite par les automobiles. En effet, l'utilisation d'automobiles fournit l'assurance que la source de lumière sera conforme à la réalité tant pour ce qui est de son positionnement géométrique que pour sa puissance lumineuse.

Afin d'être le plus représentatif de la réalité, trois véhicules ont été utilisés. Le premier, nommé véhicule test, a été choisi selon deux critères.

Premièrement, la liste des véhicules les plus vendus au Canada au cours des années 2001 et 2002 a été consultée. Cette liste est disponible en annexe II. Cette liste a permis de choisir parmi une gamme de véhicules relativement récents et présents en grand nombre sur le territoire québécois.

La position de l'œil de l'observateur par rapport à la source lumineuse est aussi très importante. En effet, la lumière rétroréfléchie est plus importante le long de l'axe de la source et décroît avec son éloignement (Texas Transportation Institute, 2004). Pour cette raison, les véhicules de grandes dimensions ont été exclus en ce qui porte au véhicule test :

la distance entre l'œil du conducteur et les phares de l'automobile étant plus grande que pour les véhicules plus compacts.

Deuxièmement, des vérifications ont été faites auprès de certains détaillants de pièces automobiles et de concessionnaires automobiles. Ces vérifications ont été effectuées afin de connaître le modèle d'ampoule pour les phares, rencontré le plus fréquemment sur les routes du Québec. Ces vérifications ont révélé que le type d'ampoule était de type H4-9003. Elles ont également révélé l'existence des ampoules de la compagnie PIAA. Ces ampoules développent une lumière plus blanche et plus puissante. Pour une puissance standard, soit environ 55 Watts, cette ampoule développe une lumière équivalente à 100-110 Watts.

La liste des véhicules a ensuite été croisée avec ce type de phare afin d'obtenir un modèle répondant aux deux conditions. Cinq modèles possibles sont donc ressortis de cette opération :

- Honda Civic;
- Mazda Protégé;
- Ford Focus;
- Hyundai Accent;
- Toyota Tercel/Echo.

C'est la Ford Focus 2001 qui a finalement été choisie. Les phares de ce véhicule ont ensuite été équipés d'ampoules PIAA H4. Les figures 3.10 et 3.11 montrent la différence de luminosité selon les ampoules utilisées.



Figure 3.10 *Ford Focus équipée avec ampoules standard.*
(Groleau, 2006)



Figure 3.11 *Ford Focus équipée avec ampoules PIAA.*
(Groleau, 2006)

En complément au véhicule test, deux autres véhicules ont été utilisés. Le premier est un Ford Freestar 2006 appartenant au MTQ. Les phares de ce véhicule sont équipés d'ampoules #9008. Ce modèle a permis de représenter un véhicule où l'œil de l'observateur est plus éloigné de la source lumineuse qu'avec une voiture plus compacte. Le deuxième véhicule représente la gamme des voitures de luxe. Cette voiture est une Jaguar Vanden Plas 2000. Les phares de ce véhicule sont munis d'ampoules # BP1255/H1.

3.2.2 Lieu

L'expérience est réalisée dans le stationnement intérieur S2 du pavillon A de l'ÉTS. Cet espace, décrit à la section suivante, a été retenu pour plusieurs raisons. Premièrement, grâce à sa grande longueur, il permet de reproduire des distances de visibilité atteintes sur la route. Deuxièmement, le stationnement intérieur permet de mener l'expérience à tout moment : les conditions de nuit étant reproduites par la fermeture des lumières. La pollution lumineuse environnante est également évitée : les conditions de tests étant dans l'obscurité totale, la lumière des phares automobile est la seule source lumineuse présente. La figure 3.12 montre la longueur du stationnement S2 de l'ÉTS.



Figure 3.12 Stationnement S2 de l'ÉTS.
(Groleau, 2006)

3.3 Essais

3.3.1 Déroulement

Les balises ont été évaluées en deux temps. En premier lieu, chaque balise a été évaluée individuellement. Un mini biseau a été réalisé à l'aide de cinq balises. Le biseau comportait quatre T-RV-7, soit deux à l'avant et deux à l'arrière. La cinquième balise était placée au centre du biseau (figure 3.13). Cette balise était la balise test à être évaluée.

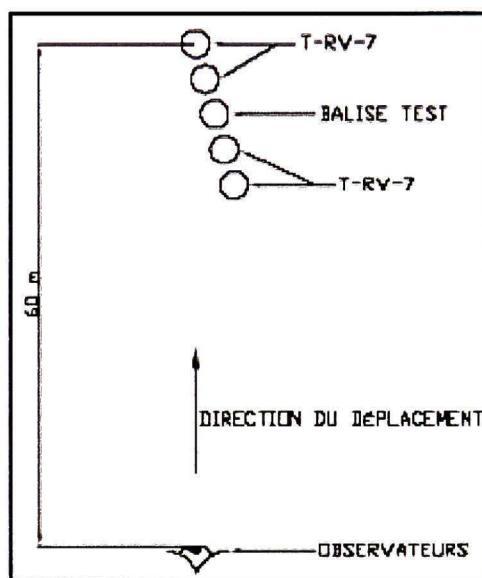


Figure 3.13 *Schéma du montage*

Onze évaluateurs étaient présents lors de l'essai. Ces évaluateurs étaient composés de trois femmes et de huit hommes œuvrant dans différents domaines se rattachant au génie routier ; les milieux universitaire et professionnel étant représentés également. Ces évaluateurs avaient donc une bonne connaissance du sujet en cause.

Les évaluateurs se sont répartis à l'intérieur de trois véhicules. Ces véhicules étaient placés à une distance de 60 m des balises. Ces dernières étaient visibles dès le départ de l'essai. Chacun des trois véhicules sélectionnés effectuaient deux passages en s'approchant de plus en plus du biseau. La vitesse de circulation atteinte était de 30 km/h, soit la vitesse maximale jugée sécuritaire pour la circulation dans le stationnement.

Après la conclusion des deux passages, chacun des passagers évaluait la balise testée selon la méthode présentée à la section 3.3.2.

En second lieu, deux biseaux composés des quatre balises jugées les plus intéressantes ainsi que d'un T-RV-7 et de trois T-RV-8 ont été réalisés. Une évaluation de type préférentiel décrite à la section 3.3.2 a été effectuée.

Certaines hypothèses ont été posées aux cours des essais :

- La position d'un passager dans un véhicule (angle de vue) n'influence pas le résultat de l'évaluation;
- La perception de la balise testée d'un passager dans un véhicule est la même que celle du conducteur;
- Les passagers ne discutent pas entre eux et ne s'influencent donc pas mutuellement.

3.3.2 Évaluation

Une technique numérique basée sur deux critères a été utilisée pour évaluer chaque balise. Les deux critères utilisés pour l'évaluation étaient la visibilité et la lisibilité.

La visibilité est associée à la facilité de vision de la balise. Un lien direct entre la distance et la visibilité peut être fait. Plus la balise est apercevable de loin plus elle est visible.

La lisibilité est associée à la reconnaissance d'un message. Ici la question est de savoir si l'usager comprend ce que la balise envoie comme message. Est-ce que la balise livre le bon message de façon claire et confortable?

Chaque balise a donc été évaluée, en premier lieu, par rapport au T-RV- 7 selon ces deux critères. Si la balise était jugée équivalente ou égale au T-RV-7, le pointage de 2 lui était attribué. Une balise supérieure se voyait attribuer le pointage de 3 et une balise inférieure le pointage de 1.

En deuxième lieu, à l'aide des deux biseaux composés des balises jugées les plus intéressantes, chaque participant a fait un classement en ordre de préférence de 1 à 4. La balise la plus appréciée se voyant attribuer le pointage 1 et celle la moins appréciée le pointage de 4.

3.3.3 Balises testées

Les figures 3.14 à 3.23 présentent les différentes configurations testées lors de la phase I des essais en laboratoire.

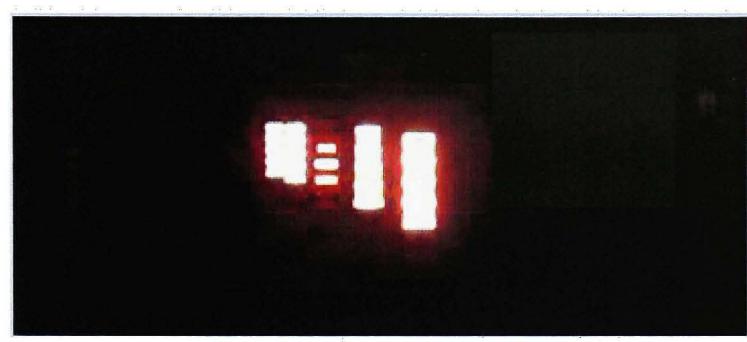


Figure 3.14 Test avec balise du Manitoba (1).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

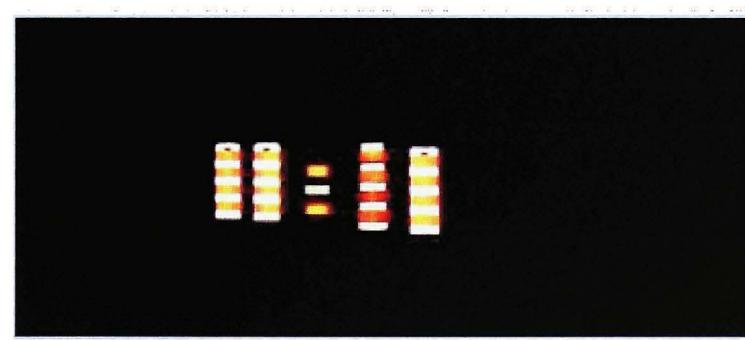


Figure 3.15 Test avec balise du Manitoba (2).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

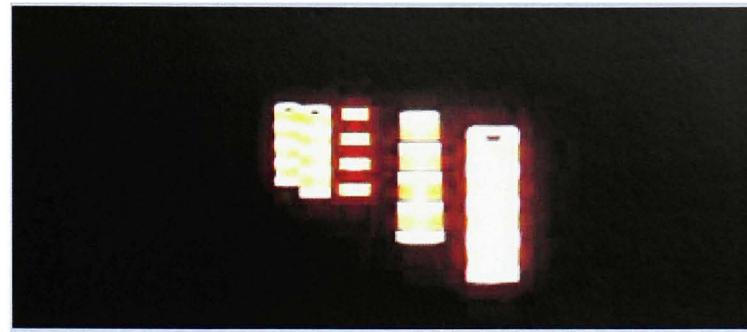


Figure 3.16 Test avec balise prototype de l'Ontario (1).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



Figure 3.17 Test avec balise prototype de l'Ontario (2).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

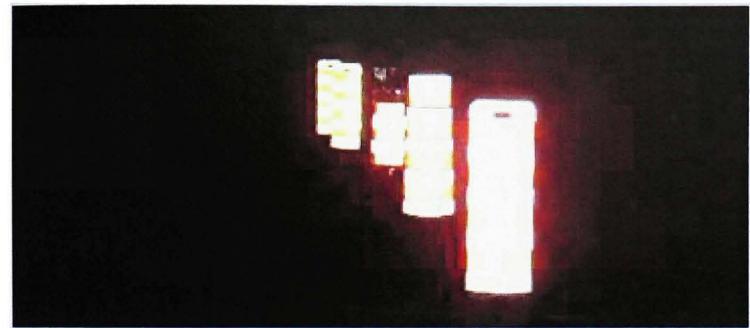


Figure 3.18 Test avec balise de la Colombie-Britannique (1).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



Figure 3.19 Test avec balise de la Colombie-Britannique (2).
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

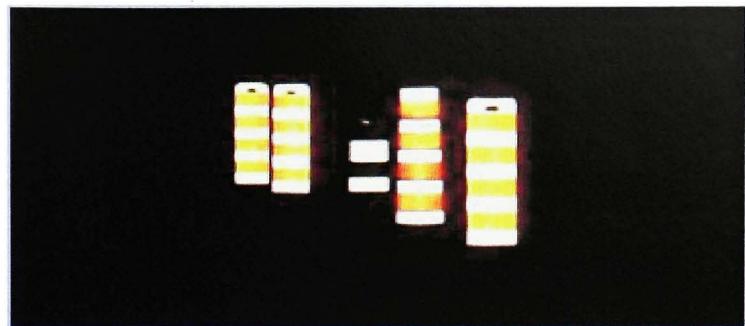


Figure 3.20 Test avec balise de la Nouvelle-Zélande.
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

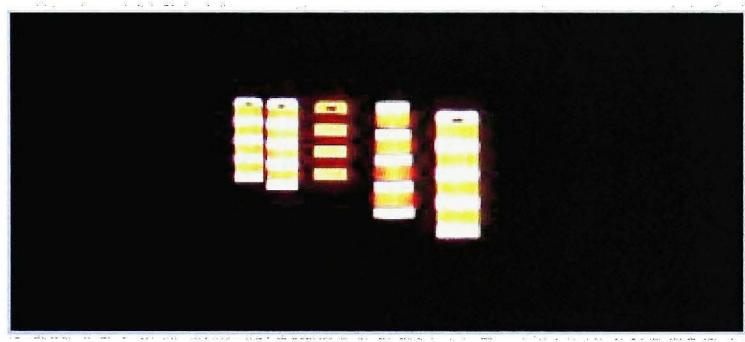


Figure 3.21 Test avec balise prototype ÉTS 1.
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

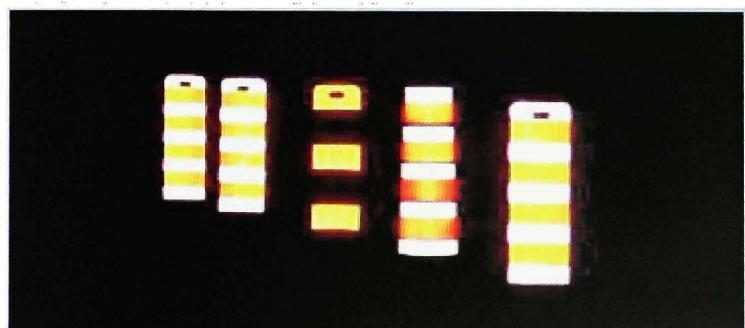


Figure 3.22 Test avec balise prototype ÉTS 2.
(Groleau, 2006)



Figure 3.23 Test avec balise T-RV-8 bleue.
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

La figure 3.24 montre le biseau composé, dans l'ordre, du T-RV-7, du prototype Ontarien, du prototype ÉTS 1, de la balise de la Colombie-Britannique et de trois T-RV-8.



Figure 3.24 Biseau composé I.
(St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

La figure 3.25 présente le biseau composé, dans l'ordre, du T-RV-7, du prototype Ontarien, du prototype ÉTS 2, de la balise de la Colombie-Britannique et de trois T-RV-8.

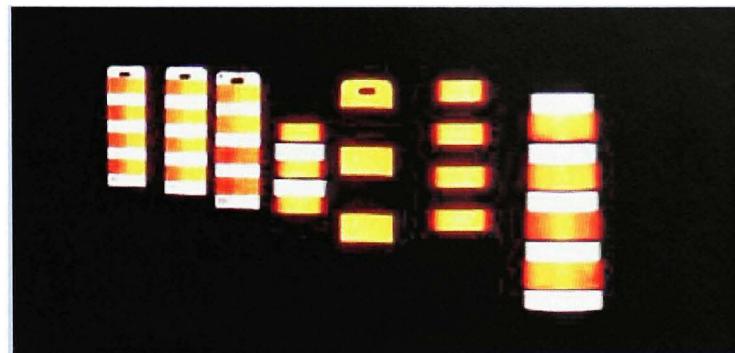


Figure 3.25 Biseau composé 2.
(Source : St-Jacques, 2006)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

3.3.4 Résultats et analyse

Le tableau 3.3 présente les résultats de l'évaluation des balises testées. Pour chaque balise, le score total a été calculé selon les deux critères, soit la lisibilité et la visibilité. La moyenne pour ces deux mêmes critères a été calculée et les balises ont été classées de 1 à 7. Ici un classement de 1 indique le score le plus élevé et donc la balise la plus appréciée selon ce critère. Il est à noter que le maximum possible pour un critère est de 3.

Tableau 3.3

Résultats de l'évaluation des balises phase I

Evaluateur #	Critère Lisibilité (L) Visibilité (V)	Manitoba	Ontario	BC	NZ	ETS 1 4 BANDES (100 mm)	ETS 2 3 BANDES (150 mm)	T-RV-8 Bleu
1	L	1	3	1	1	3	3	1
	V	1	3	1	1	3	3	1
2	L	1	3	1	1	3	3	2
	V	2	3	1	1	3	3	2
3	L	1	3	1	1	3	3	1
	V	1	3	1	1	3	3	1
4	L	1	3	1	1	3	3	1
	V	1	3	1	1	3	3	1
5	L	1	3	1	1	3	3	1
	V	1	3	1	1	2	3	2
6	L	1	3	1	1	3	3	3
	V	1	3	1	1	3	3	3
7	L	2	2	2	1	2	2	1
	V	1	1	2	1	1	2	2
8	L	1	3	3	1	2	3	1
	V	1	1	2	1	1	2	1
9	L	2	2	2	1	2	3	1
	V	1	1	2	1	1	2	1
10	L	2	3	2	1	2	3	1
	V	1	2	2	1	1	2	2
11	L	2	1	2	1	2	2	1
	V	1	3	2	1	1	2	1
TOTAL	L	15	29	17	11	28	31	14
	V	12	26	16	11	22	28	17
MOYENNE	L	1,364	2,636	1,545	1,000	2,545	2,818	1,273
CLASSEMENT	L	5	2	4	7	3	1	6
MOYENNE	V	1,091	2,364	1,455	1,000	2,000	2,545	1,545
CLASSEMENT	V	6	2	5	7	3	1	4
SOMME	L+V	2,455	5,000	3,000	2,000	4,545	5,364	2,818
CLASSEMENT	L+V	6	2	4	7	3	1	5

La somme des moyennes des deux critères a ensuite été calculée afin d'établir un classement global qui tient compte des deux critères de sélection à la fois.

Dans l'ordre, autant pour les critères de visibilité et de lisibilité séparés et confondus, les trois balises ayant reçu les meilleurs pointages sont la balise ÉTS 2, le prototype basé sur l'Ontario et la balise ÉTS 1.

Il est important de mentionner que le prototype basé sur l'Ontario ainsi que la balise ÉTS 1 possèdent les mêmes caractéristiques géométriques et rétroréfléchissantes. La seule différence résidant dans la couleur non rétroréfléchissante : la balise ÉTS 1 possède un fond bleu alors que le prototype basé sur l'Ontario possède un fond noir. Ceci montre une certaine consistance au niveau des résultats. Comme les balises classées deuxième et troisième sont sensiblement les mêmes, un peu plus d'attention doit être portée à la quatrième position. Cette dernière position est occupée par la balise de la Colombie-Britannique. Cette balise s'est classée quatrième de façon globale et pour ce qui est du critère de lisibilité. Pour ce qui porte à la visibilité, cette balise s'est classée au cinquième rang.

Ensuite, les commentaires oraux et écrits recueillis ainsi que l'analyse des photographies mènent à dire que la cause de l'éblouissement ou la création de halo est causée par la pellicule blanche. Il est toutefois important de rappeler que les essais ont été réalisés avec des pellicules rétroréfléchissantes neuves dont la capacité de rétroréflexion était maximale.

Les résultats de la deuxième évaluation, soit l'évaluation préférentielle, sont présentés au tableau 3.4. Le classement original consistait à classer cinq balises selon quatre positions préférentielles. La colonne #5 a été ajoutée afin de permettre d'établir un système de classification plus simple. Ce dernier est présenté au tableau 3.5.

Tableau 3.4

Résultats de l'évaluation préférentielle phase I

Évaluateur	Position				
	1	2	3	4	5
1	ONTARIO	ETS2	T-RV-7	ETS1	BC
2	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS1	BC
3	ONTARIO	ETS2	T-RV-7	ETS1	BC
4	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS1	BC
5	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS1	BC
6	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS1	BC
7	BC	ETS2	T-RV-7	ONTARIO	ETS 1
8	BC	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS 1
9	BC	T-RV-7	ETS2	ONTARIO	ETS 1
10	ETS2	BC	ONTARIO	T-RV-7	ETS 1
11	BC	ETS2	ONTARIO	T-RV-7	ETS 1

Le classement a été effectué de la manière suivante : pour chaque balise, la position obtenue a été multipliée par le nombre d'occurrences pour cette même position. La somme et la moyenne pour chacune des positions ont ensuite été faites. La somme et la moyenne la plus basse indiquent donc une balise classée plus près de la première position 1.

Tableau 3.5

Classement de l'évaluation préférentielle phase I

Balise	Position					Somme / moyenne	Classement
	1	2	3	4	5		
Balise	Nombre par position					Somme / moyenne	Classement
	2	4	3	2	0	27 / 2,45	2
ONTARIO	2	4	3	2	0	27 / 2,45	2
ÉTS 2	5	5	1	0	0	18 / 1,64	1
T-RV-7	0	1	7	3	0	35 / 3,18	3
ÉTS 1	0	0	0	6	5	49 / 4,45	5
BC	4	1	0	0	6	36 / 3,27	4

Selon ces résultats, deux balises ont été préférées au T-RV-7, soit la balise ÉTS 2 et le prototype basé sur l'Ontario. Le T-RV-7 s'est classé au troisième rang et a été préféré, dans l'ordre, à la balise de la Colombie-Britannique et à la balise ÉTS 1.

3.4 Configurations retenues et rejetées

À la lumière des essais réalisés et des analyses faites, certaines balises ont été jugées plus intéressantes que d'autres en vue d'essais futurs.

3.4.1 Balises rejetées

Suite aux essais en laboratoire, quatre balises ont été rejetées :

- 1) La balise de la Nouvelle-Zélande a été éliminée. Cette dernière ne répond en rien aux caractéristiques recherchées. Le message de zone de travaux n'est pas bien livré probablement dû au fait que le orange n'apparaît pas dans l'obscurité. De plus, ses caractéristiques géométriques et rétroréfléchissantes semblent amener rapidement une fatigue de l'œil dû à la grande quantité de pellicule blanche concentrée sur une faible hauteur. Cette balise a reçu le pire score.
- 2) La balise Manitobaine a été rejetée. Les critères de lisibilité et de visibilité de cette balise ont été jugés en moyenne plus faible que le T-RV-7.
- 3) Le T-RV-8 bleu et orange a été rejeté. Bien que le côté esthétique ait été jugé bon (section 3.1), la rétroréflexion du bleu n'apporte pas de différence réelle au blanc. En effet, le bleu se rapproche beaucoup du blanc lorsque la distance entre la balise et l'observateur est supérieure à 20 m. De plus, le MTQ (comité de suivi), partenaire dans ce projet, ne désirait pas poursuivre les expérimentations avec la couleur bleue. Cette balise n'est donc pas une bonne alternative à la situation actuelle.
- 4) Bien que jugé relativement bon, le prototype ÉTS 1 a été éliminé. Ce prototype présente des caractéristiques dans l'obscurité identiques à la balise basée sur l'Ontario. De plus, la couleur noire a été jugée supérieure au bleu autant au niveau esthétique qu'au niveau de la facilité de la fabrication. De plus, ce prototype a été jugé moins performant que l'ÉTS 2.

3.4.2 Balises retenues

Quatre balises ont été retenues suite aux essais en laboratoire pour une deuxième phase d'essais en laboratoire.

- 1) Le prototype ÉTS 2 a été classé au premier rang à tout points de vue et est donc retenu en vue d'essais futurs. Cependant, dû à certaines observations, cette balise subira certaines modifications. Des observations en chantiers ont révélés que la bande rétroréfléchissante la plus basse est souvent masquée par le support des balises. Cette bande sera donc remontée. La couleur de la balise sera aussi modifiée, le fond bleu sera remplacé par le noir. Cette couleur ayant été jugée supérieure.
- 2) La balise basée sur l'Ontario a été retenue. Cette balise s'est classée au deuxième rang. Le contraste du orange avec le noir a été jugé bon. De plus, cette balise peut représenter une alternative simple. Des modifications seront apportées. Des bandes orange de 120 mm seront utilisées au lieu des bandes de 100 mm. Ceci sera fait afin de renforcer le message devant être livré par la balise et afin de réduire le phénomène de flottement créé par le fond noir. Deux modèles seront testés, le premier a une hauteur de 1,2 m et l'autre à 1,0 m.
- 3) Le modèle de la Colombie-Britannique a été conservé. Bien que ce modèle ait été jugé en moyenne légèrement plus faible que le T-RV-7, il est relativement apprécié et présente un certain potentiel en vue d'essais futurs. Lors des essais, le blanc a semblé trop rétroréfléchissant comparativement à l'orange. La balise a probablement perdu des points dû à ce facteur. Plusieurs modifications seront donc apportées. Premièrement, afin de renforcer le message livré, la bande orange passera de 100 mm à 150 mm. La bande blanche passera de 100 mm à 80 mm. De plus, la pellicule blanche passera d'un type III à un type I. Cette balise sera testée à une hauteur de 1,2 m et à une hauteur de 1,0 m.

4) La configuration du T-RV-8 est aussi conservée afin d'avoir une notion comparative et de statu quo. Le T-RV-7 sera remplacé pour toutes les balises par le T-RV-8. Ce dernier modèle est moins contraignant au niveau géométrique et est plus facilement modifiable.

CHAPITRE 4

ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE II

Tel que mentionné dans la section précédente, des modifications ont été apportées en vue d'améliorer les balises retenues. Voici donc les différentes caractéristiques des nouvelles balises testées lors de la phase II.

4.1 Caractéristiques des configurations

Premièrement, la balise T-RV-8 n'a subi aucune modification. Cette dernière représente encore une fois le statu quo ou la référence (figure 4.1).

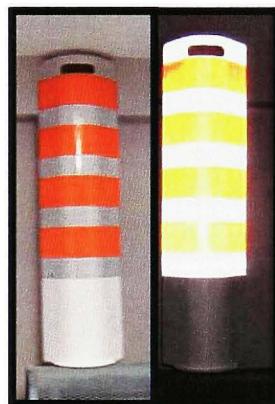


Figure 4.1 T-RV-8.
(Groleau, 2006)

Deuxièmement, la balise nommée ÉTS 2 a une hauteur de 1,2 m et est maintenant de couleur noire alternée avec des bandes orange rétroréfléchissantes de type VII. Les bandes rétroréflectives ont la même largeur que lors de la phase 1, soit 150 mm, et sont au nombre de trois. L'espace noir entre chaque bande est passé de 225 mm à 200 mm afin de remonter la bande inférieure de 50 mm (figures 4.2 et 4.3).



Figure 4.2 *ÉTS 2.*
(Groleau, 2006)

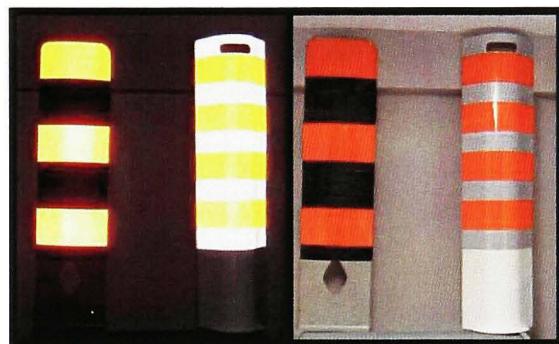


Figure 4.3 *T-RV-8 vs ÉTS 2.*
(Groleau, 2006)

Comme il existe une différence entre la hauteur de la balise québécoise et la plupart de celles rencontrées dans la littérature (1,2 m vs 1,0 m). Une évaluation a donc été entreprise afin d'évaluer des balises possédant deux types de hauteur. Il sera donc possible d'évaluer si une balise plus basse ou plus haute est à préconiser ou s'il n'y a aucune différence.

La balise basée sur l'Ontario possède maintenant des bandes orange rétroréfléchissantes d'une largeur de 120 mm. Ces bandes sont de type VII. L'espacement noir entre chaque bande est passé de 100 mm à 80 mm. Tel que mentionné précédemment, une configuration à 1,2 m et une à 1,0 m seront testées. Comme il y a eu des modifications et afin d'éviter la confusion, entre autre à cause du nom, cette balise sera maintenant nommée « Prototype

ONT ». La balise de 1,2 m de hauteur s'appellera donc Prototype ONT-1,2 et celle de 1,0 m, Prototype ONT-1,0 (figures 4.4 et 4.5).

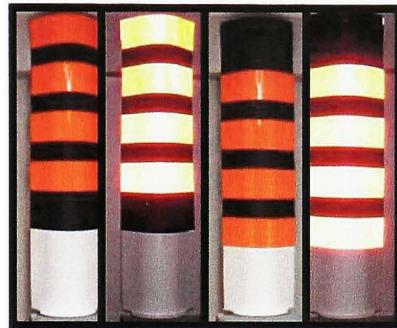


Figure 4.4 Prototypes ONT-1,2 et ONT-1,0.
(Groleau, 2006)

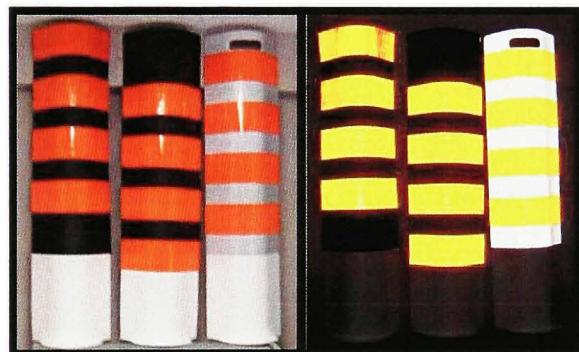


Figure 4.5 T-RV-8 vs Prototypes ONT-1,2 et ONT-1,0.
(Groleau, 2006)

La balise de la Colombie-Britannique sera elle aussi testée à 1,2 m et 1,0 m de hauteur. De plus, les bandes orange rétroréfléchissantes ont maintenant des dimensions de 150 mm contrairement à 100 mm lors de la phase I. La largeur des bandes blanches quant à elle est passée de 100 mm à 80 mm. De plus, la pellicule blanche est de type I. Encore une fois, dû aux modifications et afin d'éviter la confusion, cette balise sera maintenant nommée « Prototype BC ». La balise de 1,2 m de hauteur s'appellera donc Prototype BC-1,2 et celle de 1,0 m, Prototype BC-1,0 (figures 4.6 et 4.7).

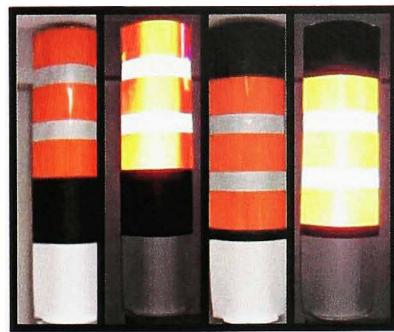


Figure 4.6 *Prototypes BC-1,2 et BC-1,0.*
(Source : Groleau, 2006)



Figure 4.7 *T-RV-8 vs Prototypes BC-1,2 et BC-1,0.*
(Source : Groleau, 2006)

Les tableaux 4.1 et 4.2 montrent les différentes caractéristiques des dispositifs analysés lors de la phase II.

Tableau 4.1

Synthèse des dispositifs analysés, phase II (géométrie)

Repères visuels	Hauteur	Couleurs	Largeur moyenne (mm)	Hauteur moyenne (mm)	Nombre de bandes	Surface apparente totale (m ²)
T-RV-8	1200 mm	Blanc	300	84	5	0,126
		Orange	300	120	4	0,144
						0,27
ONT-1,2	1200 mm	Noir	300	80	3	---
		Orange	300	120	4	0,144
ONT-1,0	1000 mm	Noir	300	80	3	---
		Orange	300	120	4	0,144
BC-1,2	1200 mm	Blanc	300	80	2	0,048
		Orange	300	150	3	0,135
						0,183
BC-1,0	1000 mm	Blanc	300	80	2	0,048
		Orange	300	150	3	0,135
						0,183
ÉTS-2	1200 mm	Noir	300	200	2	---
		Orange	300	150	3	0,135
						0,135

Tableau 4.2

Synthèse des dispositifs analysés, phase II (rétroréflexion)

Repères visuels	Rétroréflexion (type ASTM)	Coeff de rétroréflexion		Surface apparente totale (m ²)	Qté théorique de lumière rétroréfléchie (cd/lx)
		Angle de Divergence / Incidence	cd/lx•m ²		
T-RV-8	III	0,2° / -4°	250	0,126	31,5
	VII	0,2° / -4°	280	0,144	40,32
				Somme :	71,82
ONT-1,2	VII		0,2° / -4°	280	0,144
					40,32
				Somme :	40,32
ONT-1,0	VII		0,2° / -4°	280	0,144
					40,32
				Somme :	40,32
BC-1,2	I	0,2° / -4°	70	0,048	3,36
	VII	0,2° / -4°	280	0,135	37,8
				Somme :	41,16
BC-1,0	I	0,2° / -4°	70	0,048	3,36
	VII	0,2° / -4°	280	0,135	37,8
				Somme :	41,16
ÉTS-2	VII		0,2° / -4°	280	0,135
					37,8
				Somme :	37,8

4.2 Conditions des essais

Plusieurs changements des conditions d'essais ont été effectués par rapport à celles de la phase I. Afin de permettre une plus grande flexibilité pour l'évaluation des balises et d'être plus représentatif de la réalité, le lieu et les agencements des balises ont été modifiés. De plus, la flotte de véhicules tests ainsi que le nombre d'évaluateurs ont été augmentés.

4.2.1 Véhicules et sources lumineuses

Afin de permettre une meilleure représentativité du parc automobile que l'on retrouve sur les routes du Québec et pour permettre une meilleure appréciation visuelle lors de l'évaluation des balises, plusieurs véhicules ont été utilisés lors de la phase II.

Tout d'abord, certains véhicules qui étaient présents lors de la phase I ont été réutilisés. La Ford Focus 2001 (figure 4.8) munie des ampoules PIAA H4, la Ford Freestar 2006 appartenant au MTQ équipée d'ampoules #9008 et la Jaguar Vanden Plas 2000 (figure 4.9) munie d'ampoules # BP1255/H1 étaient donc présentes lors des essais.



Figure 4.8 Ford Focus.
(Groleau, 2006)



Figure 4.9 *Jaguar Vanden Plas.*
(Groleau, 2006)

Puis, deux autres véhicules de type mini fourgonnette, appartenant au MTQ, ont été utilisés. Ces véhicules sont une Dodge Caravan et une Plymouth Voyager (figure 4.10). Ces véhicules sont tous deux munis de phares avec ampoules de type 9007.



Figure 4.10 *Fourgonnette du MTQ.*
(Groleau, 2006)

Enfin, afin d'avoir l'opinion de conducteurs de véhicules de grandes dimensions, deux camions ont été utilisés. Le premier étant un véhicule de livraison appartenant à l'ÉTS. Il s'agit d'un Ford F-350 muni d'une benne de type cube et de phares H6054 (figure 4.11). Le deuxième est un camion de déneigement appartenant au MTQ (figure 4.12). Ce camion représente ici la classe des camions poids lourds.

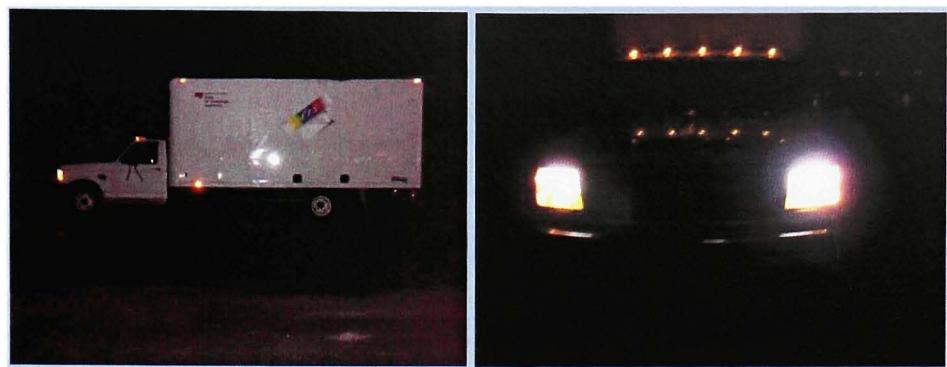


Figure 4.11 *Ford F-350 de l'ÉTS.*
(Groleau, 2006)



Figure 4.12 *Camion de déneigement du MTQ.*
(Groleau, 2006)

4.2.2 Lieu

Afin de réaliser les essais dans des conditions plus fidèles de la réalité, l'expérience a été réalisée sur une route privée du MTQ, non ouverte à la circulation. Cette dernière est la rue Pullman entre la rue Carillon et le boulevard Angrignon à Montréal. La longueur de cette route est d'environ 5 km. Elle est composée de deux voies standard et possèdent différentes caractéristiques intéressantes telles que plusieurs longues lignes droites, différentes courbes et peu d'éclairage. La figure 4.13 montre la rue Pullman le jour.

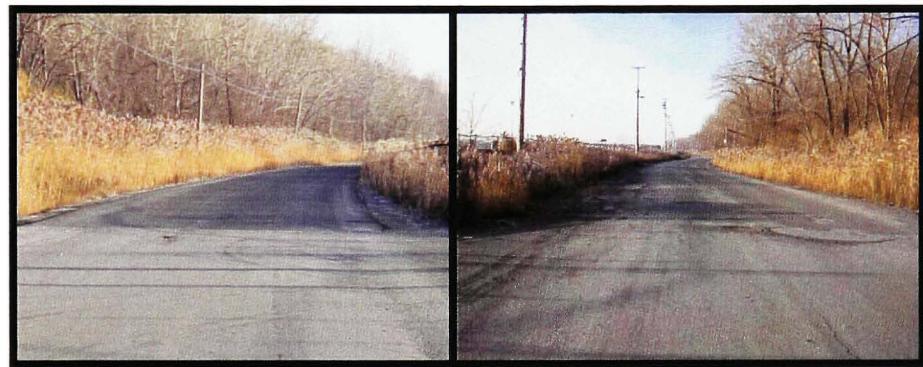


Figure 4.13 Rue Pullman.
(Groleau, 2006)

4.3 Essais

4.3.1 Déroulement

Lors de cette deuxième phase d'essais, cinq balises de chacun des six modèles à tester ont été fabriquées. Trois agencements ont été utilisés lors de l'évaluation des balises. Toutes les évaluations sont faites en comparaison avec le T-RV-8. Pour chacune des évaluations, les voitures tests effectuaient, à tour de rôle, deux passages pour chacun des six modèles. Le premier passage était effectué à une vitesse de 50 km/h et le deuxième à 70 km/h. Les évaluateurs se sont répartis à l'intérieur des véhicules. Ces véhicules étaient à une distance suffisante pour ne pas apercevoir les balises lors du départ de l'essai. Treize évaluateurs étaient présents lors de l'essai. Ces évaluateurs étaient composés de trois femmes et de dix hommes œuvrant dans différents domaines se rattachant au génie routier ; les milieux universitaire et professionnel étant représentés également. Ces évaluateurs avaient donc une bonne connaissance du sujet en cause.

Les mêmes hypothèses que lors de la phase I ont été posées, soit :

- La position d'un passager dans un véhicule (angle de vue) n'influence pas le résultat de l'évaluation;
- La perception de la balise testée d'un passager dans un véhicule est la même que celle du conducteur;
- Les passagers ne discutent pas entre eux et ne s'influencent donc pas mutuellement.

En premier lieu, un biseau unique composé des trente balises espacées de 2 m a été mis en place. En deuxième lieu, des biseaux de chacun des modèles ont été confectionnés. Les balises étaient espacées de 5 m. L'espacement de 5 m dans un biseau est la configuration que l'on retrouve sur les sites de travaux routiers au Québec (Transports Québec, 2006). Puis, en troisième lieu, toutes les balises ont été disposées, une à la suite de l'autre, le long de la route et espacées de 20 m. Ici, deux passages seulement, au total, ont été effectués. Ce troisième exercice servait seulement à confirmer hors de tout doute l'évaluation de chacun.

Une appréciation de jour a aussi été faite selon les mêmes conditions que le troisième exercice.

4.3.2 Évaluation

Les évaluations ont suivi la même technique numérique que lors de la phase I. Les balises ont donc été évaluées selon les critères de visibilité et de lisibilité. La balise T-RV-8 a donc reçu par défaut la cote de 2. Les autres étaient évaluées en fonction de cette référence. Si la balise était jugée équivalente ou égale au T-RV-8, le pointage de 2 lui était attribué. Une balise supérieure se voyait attribuer le pointage de 3 et une balise inférieure le pointage de 1.

L'évaluation hiérarchique de la phase I, soit celle où chaque balise était comparée aux autres au même moment, a été laissée de côté. Les résultats de cette évaluation hiérarchique étant jugés identiques à l'évaluation individuelle, soit l'évaluation où les balises sont comparées une à la fois avec la balise T-RV-8.

4.3.3 Balises et configurations testées

La figure 4.14 présente les différentes balises en configuration de biseau commun avec un espacement de 2 m entre chaque balise.

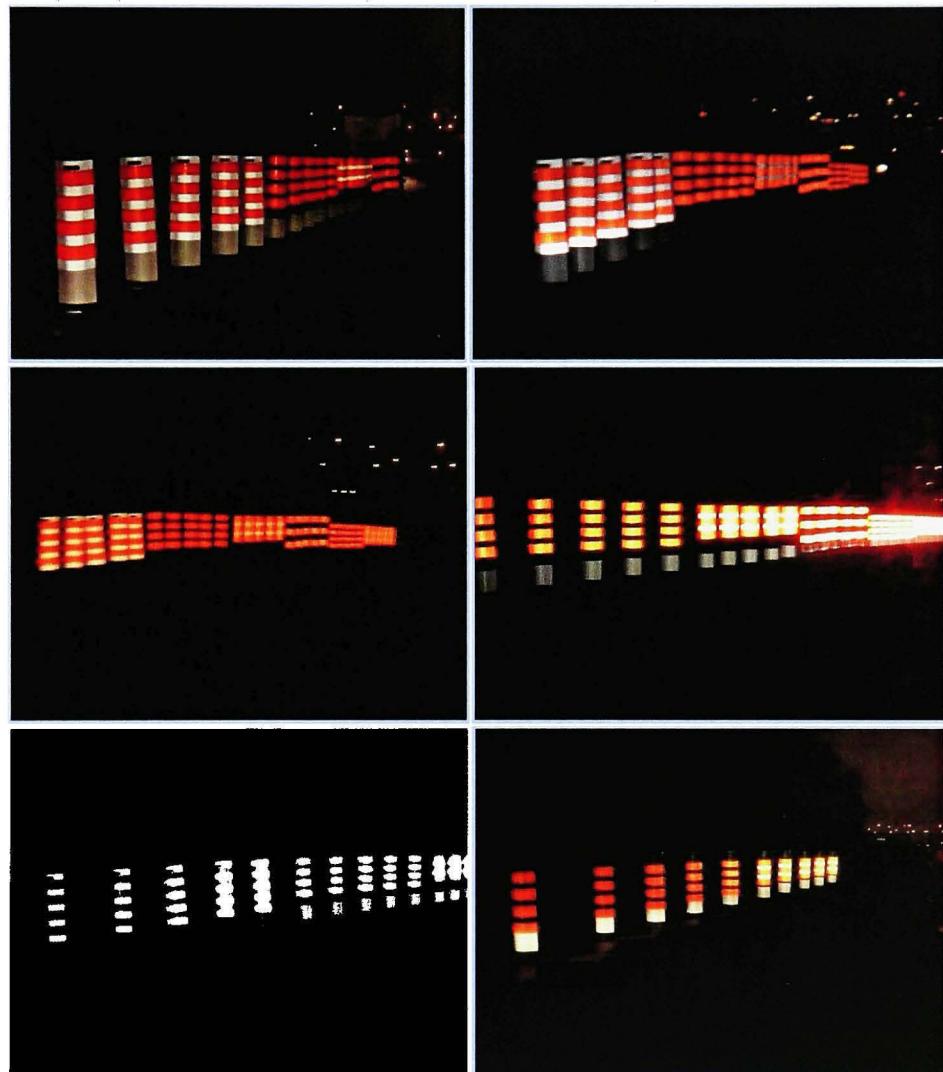


Figure 4.14 *Biseau composé avec espacement de 2 m.*
(Groleau, 2006)

Les figures 4.15 à 4.20 présentent les balises en configuration de biseau individuel avec espacement entre les balises de 5 m.



Figure 4.15 *Test avec balise T-RV-8.*
(Groleau, 2006)



Figure 4.16 *Test avec balise ONT-1,2.*
(Groleau, 2006)



Figure 4.17 *Test avec balise BC-1,2.*
(Groleau, 2006)

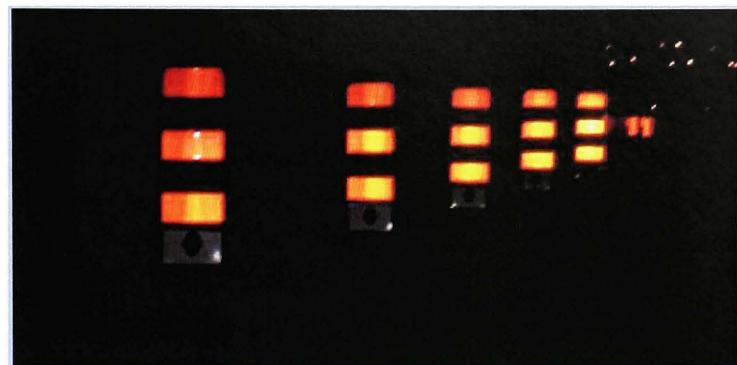


Figure 4.18 *Test avec balise ÉTS-2.*
(Groleau, 2006)

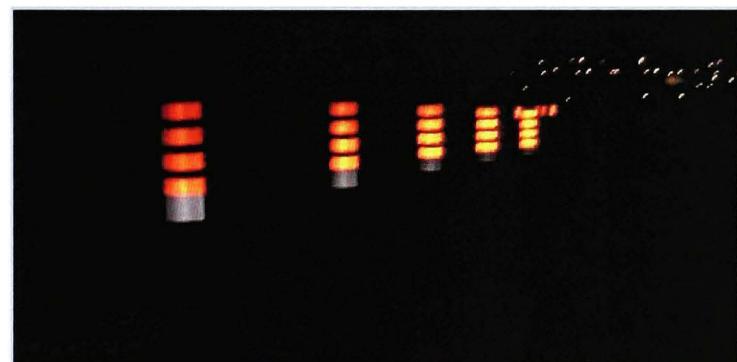


Figure 4.19 *Test avec balise ONT-1,0.*
(Groleau, 2006)



Figure 4.20 *Test avec balise BC-1,0.*
(Groleau, 2006)

4.3.4 Résultats et analyse

Le tableau 4.3 présente les résultats de l'évaluation des balises testées lors de la première étape de la phase II. Ces résultats sont donc pour un biseau avec un espacement de 2 m entre chaque balise.

Tout comme pour l'évaluation de la phase I, pour chaque balise, le score total a été calculé selon les deux critères, soit la lisibilité et la visibilité. La moyenne pour ces deux mêmes critères a été calculée et les balises ont été classées de 1 à 6. Un classement de 1 indique le score le plus élevé et donc la balise la plus appréciée selon ce critère. Il est à noter que le maximum possible pour un critère est de 3.

Tableau 4.3

Résultats de l'évaluation des balises phase II, espacement à 2 m

Evaluateur #	Critère Lisibilité (L) Visibilité (V)	T-RV-8	ONT-1.2	BC-1.2	ETS 2	ONT-1.0	BC-1.0
1	L	2	3	1	3	3	1
	V	2	2	1	3	2	1
2	L	2	3	1	3	2	1
	V	2	2	1	2	1	1
3	L	2	3	1	2	3	2
	V	2	3	1	3	3	1
4	L	2	3	2	3	3	2
	V	2	1	2	3	2	1
5	L	2	3	3	2	3	2
	V	2	3	3	2	3	3
6	L	2	3	2	3	3	2
	V	2	3	2	3	3	2
7	L	2	3	2	2	2	1
	V	2	3	1	3	3	2
8	L	2	1	2	3	1	2
	V	2	1	1	1	1	1
9	L	2	1	2	2	1	2
	V	2	1	2	1	1	2
10	L	2	2	2	2	2	3
	V	2	1	2	2	2	3
11	L	2	2	1	2	2	3
	V	2	3	1	3	2	2
12	L	2	2	1	2	2	3
	V	2	3	1	3	2	2
13	L	2	3	1	3	3	2
	V	2	2	2	2	2	2
TOTAL		L	26	32	21	32	30
		V	26	28	20	31	27
MOYENNE		L	2,000	2,462	1,615	2,462	2,308
CLASSEMENT		L	3	1	6	1	2
MOYENNE		V	2,000	2,154	1,538	2,385	2,077
CLASSEMENT		V	4	2	6	1	3
SOMME		L+V	4,000	4,615	3,154	4,846	4,385
CLASSEMENT		L+V	4	2	6	1	3

La somme des moyennes des deux critères a ensuite été calculée afin d'établir un classement global qui tient compte des deux critères de sélection à la fois.

Tout d'abord, en ce qui a trait au critère de lisibilité, les balises ÉTS 2 et ONT-1,2 se sont classées premières à égalité. La balise ONT-1,0 arrive au second rang et les balises T-RV-8 et BC-1,0 se positionnent à égalité en troisième position.

Ensuite, pour le critère de visibilité, les trois premières positions, dans l'ordre, sont : ÉTS 2, ONT-1,2 et ONT-1,0. De plus, ces positions restent inchangées lorsqu'on combine les deux critères ensemble. Le T-RV-8 quant à lui se situe au quatrième rang, soit devant les balises Prototype BC.

Puis, il est intéressant de comparer les résultats entre les balises de même type mais ayant des hauteurs différentes, soit les ONT-1,2 et ONT-1,0 et les BC-1,2 et BC-1,0. Afin de faciliter l'analyse, le tableau 4.4 présente les résultats de ces quatre balises.

Tableau 4.4

Comparatif : hauteur des balises vs critères, espacement 2 m

Balises	Lisibilité	Visibilité	Total
ONT-1.2	2,462	2,154	4,616
BC-1.2	1,615	1,538	3,153
Somme	4,077	3,692	7,769
<hr/>			
ONT-1.0	2,308	2,077	4,385
BC-1.0	2,000	1,769	3,769
Somme	4,308	3,846	8,154

À première vue, la hauteur de la balise ne semble pas avoir d'importance réelle. En effet, en moyenne les évaluateurs semblent préférer la balise ONT-1,2 à la balise ONT-1,0 mais la balise BC-1,0 à la BC-1,2. Cependant, si on regroupe les balises de même hauteur, on constate que pour tous les critères, les balises de plus faibles dimensions sont préférées.

Il est aussi important de mentionner que l'écart des résultats pour chaque critère entre une balise et sa correspondante de plus faible dimension semble augmenter avec une diminution de la hauteur visible de la balise. En effet, la balise Prototype ONT est composée de quatre bandes orange de 120 mm et de quatre bandes noires de 80 mm. Cette combinaison a donc une hauteur de 800 mm. Pour ce qui est de la balise Prototype BC, elle présente trois bandes orange de 150 mm et deux bandes blanches de 80 mm. Ceci fait que sa hauteur visible est de 610 mm. Lors de sa configuration à 1,2 m, le bas de la balise Prototype BC, qui n'est pas visible dans le noir, représente donc presque la moitié de cette dernière. Un effet de flottement ou de « trou noir » est donc créé. D'après les résultats, les évaluateurs ont semblé préférer voir un lien physique entre la balise et la route qu'un regroupement visible flottant au-dessus de la route.

Par ailleurs, dans la même lignée, si on compare les deux balises Prototype ONT aux deux Prototype BC, un fait peut être mis en évidence. Autant pour la lisibilité que la visibilité, la balise Prototype ONT a été jugée supérieure et ceci peu importe la hauteur. Ceci est intéressant car la balise Prototype BC présente une combinaison de bandes rétroréfléchissantes donnant une surface apparente de rétroréflexion de $0,183 \text{ m}^2$ alors que la Prototype ONT a $0,144 \text{ m}^2$. Deux hypothèses peuvent être avancées. Premièrement, le contraste orange et noir semble supérieur au contraste orange et blanc, car la lisibilité a été jugée grandement supérieure. Deuxièmement, la visibilité n'est pas seulement liée à la quantité de surface rétroréfléchissante mais aussi à une bonne répartition des bandes sur la longueur jugée utilisable. En effet, avec $0,039 \text{ m}^2$ de surface rétroréfléchissante de moins mais avec quatre « bandes » noires, la visibilité de la balise Prototype ONT est jugée grandement meilleure.

Il est également intéressant de comparer les derniers résultats à ceux obtenus avec des balises espacées de 5 m dans des biseaux indépendants. Le tableau 4.5 présente les résultats de l'évaluation des balises testées lors de la deuxième étape de la phase II. Ces résultats correspondent donc à un biseau avec un espace de 5 m entre chaque balise.

Tableau 4.5

Résultats de l'évaluation des balises phase II, espacement 5 m

Evaluateur #	Critère Lisibilité (L) Visibilité (V)	T-RV-8	ONT-1.2	BC-1.2	ETS 2	ONT-1.0	BC-1.0
1	L	2	3	2	3	3	1
	V	2	2	1	3	2	1
2	L	2	2	1	3	1	1
	V	2	2	1	2	1	1
3	L	2	3	1	3	3	1
	V	2	3	1	3	3	1
4	L	2	3	2	3	3	2
	V	2	1	2	3	2	1
5	L	2	3	2	3	3	1
	V	2	3	2	3	3	3
6	L	2	3	2	3	3	2
	V	2	3	2	3	3	2
7	L	2	2	1	3	2	1
	V	2	3	2	3	3	2
8	L	2	3	2	3	3	2
	V	2	1	1	1	1	1
9	L	2	1	2	2	1	2
	V	2	1	2	1	1	2
10	L	2	2	2	2	2	3
	V	2	1	2	2	2	3
11	L	2	2	1	3	1	1
	V	2	2	2	2	2	2
12	L	2	2	1	3	1	1
	V	2	2	2	2	2	2
13	L	2	3	1	3	3	2
	V	2	1	1	1	1	1
TOTAL		L 26	32	20	37	29	20
		V 26	25	21	29	26	22
MOYENNE		L 2,000	2,462	1,538	2,846	2,231	1,538
CLASSEMENT		L 4	2	5	1	3	5
MOYENNE		V 2,000	1,923	1,615	2,231	2,000	1,692
CLASSEMENT		V 2	4	6	1	2	5
SOMME		L+V 4,000	4,385	3,154	5,077	4,231	3,231
CLASSEMENT		L+V 4	2	6	1	3	5

Pour ce qui est du critère de lisibilité, la balise ÉTS 2 arrive première, suivie de la balise ONT-1,2 et de la balise ONT-1,0. Ces trois balises sont jugées supérieures au T-RV-8, qui lui, est classé au quatrième rang pour la lisibilité. Les deux Prototype BC sont à égalité au dernier rang.

Pour le critère de visibilité, une seule balise a été jugée, en moyenne, supérieure au T-RV-8. Cette balise est la ÉTS 2. Au deuxième rang à égalité, le T-RV-8 et la balise ONT-1,0. La balise Prototype ONT-1,2 se retrouve au quatrième rang. Les deux Prototype BC complètent le portrait.

Lorsqu'on combine les deux critères, on retrouve dans l'ordre, de la meilleure à la moins bonne, les balises : ÉTS 2, ONT-1,2, ONT-1,0, T-RV-8, BC-1,0 et BC-1,2. Les balises ÉTS 2 et Prototype ONT sont jugées supérieures au T-RV-8.

Encore une fois, une comparaison entre les balises de même type mais de hauteurs différentes peut être réalisée (tableau 4.6).

Tableau 4.6

Comparatif : hauteur des balises vs critères, espacement 5 m

Balises	Lisibilité	Visibilité	Total
ONT-1.2	2,462	1,923	4,385
BC-1.2	1,538	1,615	3,153
Somme	4,000	3,538	7,538
<hr/>			
Ontario (1,0)	2,231	2,000	4,231
BC-1.0	2,231	2,000	4,231
Somme	4,462	4,000	8,462

Les mêmes conclusions qu'à l'étape 1 peuvent être avancées. En effet, encore une fois, si l'on combine les résultats des balises de même hauteur, on constate que pour tous les critères, les balises de plus faibles dimensions sont préférées.

De plus, tout comme avec un espacement de 2 m, l'écart des résultats pour chaque critère entre une balise et sa correspondante de plus faibles dimensions augmente avec une diminution de la hauteur visible de la balise. Une préférence d'une balise liée à la route sans effet de flottement ou de « trou noir » est donc mis en évidence.

Toujours en accord avec l'étape 1, il est possible de comparer les deux balises Prototype ONT aux deux Prototype BC. Autant, pour la lisibilité que la visibilité, la balise Prototype ONT a été jugée supérieure ou égale. Donc, malgré les différences entre les deux prototypes, deux conclusions peuvent être tirées. Premièrement, si on associe la lisibilité en partie au contraste de couleurs, le contraste du orange et du noir est jugé supérieur, pour les balises de 1,2 m, et égale, pour les balises de 1,0 m, au contraste orange et blanc. Deuxièmement, la visibilité n'est pas seulement liée à la quantité de surface rétroréfléchissante mais aussi à une bonne répartition des bandes sur la longueur jugée utilisable. Ceci est prouvé par le fait que la balise ONT-1,2 est jugée plus visible que la BC-1,2 malgré sa surface rétroréflectrice de plus faible dimension. Pour ce qui est des balises de 1,0 m de hauteur, la visibilité a été jugée similaire. Cette évaluation est probablement liée à un effet de « trou noir » moins présent sur le Prototype BC-1,0 m que son homologue de 1,2 m.

La troisième étape, soit avec des balises espacées de 20 m, a confirmé l'évaluation de chacun. Aucune évaluation n'a été réalisée lors de cette phase. Cinq passages de jour ont aussi été effectués sous cette configuration afin de confirmer, hors de tout doute, les résultats obtenus lors des étapes 1 et 2. Des images des balises, espacées de 20 m, ont également été prises de jour. Ces photos sont disponibles à l'annexe III.

Finalement, encore une fois, les commentaires oraux et écrits recueillis ainsi que l'analyse des photographies mènent à dire que la cause de l'éblouissement ou la création de halo est causée par la pellicule blanche. Il est toutefois important de rappeler que les essais ont été réalisés avec des pellicules rétroréfléchissantes neuves dont la capacité de rétroréflexion était maximale.

4.4 Configurations retenues et rejetées

Suite aux essais réalisés et aux analyses produites et compte tenu de l'avis du MTQ (comité de suivi), partenaire dans ce projet, plusieurs changements ont été apportés quant aux balises à tester. En effet, sauf le T-RV8, la totalité des configurations précédemment testées ont été mises de côté.

Bien que certaines balises possédaient des caractéristiques intéressantes et obtenaient de bons résultats, il a été par le comité de suivi du MTQ que des balises possédant moins de bandes rétroréfléchissantes subiraient une dégradation et une perte de rétroréflexion accélérées des pellicules en condition de chantiers. Il a également été jugé que la couleur noire, qui n'a aucun coefficient de rétroréflexion, n'entrant pas dans un concept d'uniformisation avec les administrations routières voisines; l'Ontario, Terre-Neuve et le Labrador faisant cavaliers seuls en Amérique du Nord.

Une étude approfondie sur la vitesse de dégradation et la perte de rétroréflexion en condition de chantier routier devrait toutefois être menée dans le cadre d'un autre projet de recherche. Cet aspect ne faisant pas partie de la présente étude.

Cinq nouvelles configurations ont donc été retenues. Les différentes caractéristiques des nouvelles configurations sont présentées à la section 5.1.

CHAPITRE 5

ESSAIS EN LABORATOIRE / PHASE III

Tel que mentionné dans la section précédente, une série de cinq nouvelles configurations a été élaborée. Comme la combinaison de couleurs orange et noire a été abandonnée, les cinq nouvelles configurations sont de couleurs orange et blanches.

Voici donc les différentes caractéristiques des nouvelles balises testées lors de la phase III.

5.1 Caractéristiques des configurations

Lors de cette phase, deux caractéristiques distinctes ont été étudiées. À partir de la configuration du T-RV-8, deux autres configurations ont été élaborées en modifiant les dimensions des bandes rétroréfléchissantes orange et blanches. De plus, pour chacune de ces configurations, une configuration identique mais dotée de pellicule blanche de type II plutôt que de type III a été élaborée.

Cette mesure a été prise en réponse aux diverses observations précédentes. Ces observations mettaient en évidence une trop forte intensité de la pellicule blanche. La comparaison entre ces deux grades de pellicules sera donc réalisée à travers trois configurations aux géométries identiques.

Premièrement, le statu quo (T-RV-8) est toujours présent. Une configuration dotée de pellicule de type II est aussi présente. Cette dernière portera le nom de T-RV-8 (type II blanc).

Il est important de mentionner que, dans cette section, la balise de gauche sur les figures est le T-RV-8 standard. Les balises à sa droite sont toujours, dans l'ordre, la configuration modifiée munie de type III puis celle de type II. Dans le cas de la figure 5.1, la

correspondante de droite est le T-RV-8 (type II blanc). De plus, dans la section 5.1, la source lumineuse est le flash de l'appareil photo.

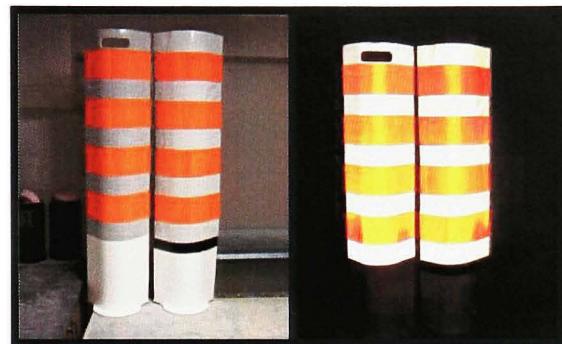


Figure 5.1 T-RV-8 et T-RV-8 (type II blanc).
(Groleau, 2007)

Les prochaines configurations sont nommées T-RV-8a et T-RV-8b (type II blanc) (figure 5.2). Elles sont munies de quatre bandes orange type VII de 140 mm et de trois bandes blanches de 110 mm. La bande supérieure est à une hauteur de 1,2 m et est orange.



Figure 5.2 T-RV-8a et T-RV-8b (type II blanc).
(Groleau, 2007)

Les deux dernières configurations, sont nommées T-RV-8c et T-RV-8d (type II blanc) (figure 5.3). Ces configurations sont munies de trois bandes orange type VII de 150 mm de largeur et de deux bandes blanches de 120 mm. La configuration a une hauteur totale de 1,0 m et présente une bande orange à son sommet.



Figure 5.3 T-RV-8c et T-RV-8d (type II blanc).
(Groleau, 2007)

Les tableaux 5.1 et 5.2 montrent les différentes caractéristiques des dispositifs analysés lors de la phase III.

Tableau 5.1

Synthèse des dispositifs analysés, phase III (géométrie)

Repères visuels	Couleurs	Hauteur	Largeur moyenne (mm)	Hauteur moyenne (mm)	Nombre de bandes	Surface apparente totale (m ²)
T-RV-8	Blanc	1200 mm	300	84	5	0,126
	Orange		300	120	4	0,144
						0,27
T-RV-8 (type II blanc)	Blanc	1200 mm	300	84	5	0,126
	Orange		300	120	4	0,144
						0,27
T-RV-8a	Blanc	1200 mm	300	110	3	0,099
	Orange		300	140	4	0,168
						0,267
T-RV-8b (type II blanc)	Blanc	1200 mm	300	110	3	0,099
	Orange		300	140	4	0,168
						0,267
T-RV-8c	Blanc	1000 mm	300	120	2	0,072
	Orange		300	150	3	0,135
						0,207
T-RV-8d (type II blanc)	Blanc	1000 mm	300	120	2	0,072
	Orange		300	150	3	0,135
						0,207

Tableau 5.2

Synthèse des dispositifs analysés, phase III (rétroréflexion)

Repères visuels	Rétroréflexion (type ASTM)	Coeff de rétroréflexion		Surface apparente totale (m ²)	Qté théorique de lumière rétroréfléchie (cd/lx)
		Angle de Divergence / Incidence	cd/lx*m ²		
T-RV-8	III	0,2° / -4°	250	0,126	31,5
	VII	0,2° / -4°	280	0,144	40,32
				Somme :	71,82
T-RV-8 (type II blanc)	II	0,2° / -4°	140	0,126	17,64
	VII	0,2° / -4°	280	0,144	40,32
				Somme :	57,96
T-RV-8a	III	0,2° / -4°	250	0,099	24,75
	VII	0,2° / -4°	280	0,168	47,04
				Somme :	71,79
T-RV-8b (type II blanc)	II	0,2° / -4°	140	0,099	13,86
	VII	0,2° / -4°	280	0,168	47,04
				Somme :	60,9
T-RV-8c	III	0,2° / -4°	250	0,072	18
	VII	0,2° / -4°	280	0,135	37,8
				Somme :	55,8
T-RV-8d (type II blanc)	II	0,2° / -4°	140	0,072	10,08
	VII	0,2° / -4°	280	0,135	37,8
				Somme :	47,88

5.2 Conditions des essais

La plupart des conditions des essais sont restées inchangées par rapport à la phase II. Voici les différentes caractéristiques des essais menés à la phase III.

5.2.1 Véhicules et sources lumineuses

Tout comme lors de la phase II, plusieurs véhicules ont été utilisés lors de la phase III. Certains d'entre eux étaient présents lors de la phase II alors que d'autres, en raison du plan grand nombre d'évaluateurs, étaient nouveaux.

Tout d'abord, les véhicules qui étaient présents lors de la phase II et qui ont été réutilisés sont : la Ford Focus 2001 (figure 4.8) munie des ampoules PIAA H4, la Dodge Caravan appartenant au MTQ équipée d'ampoules #9007, la Jaguar Vanden Plas 2000 (figure 4.9) munie d'ampoules # BP1255/H1 et le camion de déneigement (figure 4.12).

Trois autres véhicules étaient présents. Deux de ces véhicules appartiennent au MTQ : une Toyota Prius 2005 et un camion de signalisation Chevrolet 3500 2004. L'autre véhicule était un camion appartenant à l'ÉTS, soit un GMC 2500 1998.

5.2.2 Lieu

Les essais ont été réalisés au même endroit que lors de la phase II, soit sur la rue Pullman (figure 4.13).

5.3 Essais

5.3.1 Déroulement

Lors de cette phase d'essais, cinq balises de chacun des six modèles à tester ont été fabriquées. Quatre étapes ont ensuite été réalisées. Trois de ces étapes ne comportaient pas d'évaluation.

Tout comme lors des phases I et II, les évaluations sont faites en comparaison avec le T-RV-8. Pour chacune des évaluations, les voitures tests effectuaient, à tour de rôle, deux passages par configuration. La vitesse optimale d'évaluation a été évaluée à 50 km/h, soit la vitesse de circulation normale en milieu urbain. Cette vitesse est jugée assez rapide pour le test et maximale pour la longueur des biseaux utilisés.

D'après les commentaires recueillis lors de la phase II, la configuration jugée optimale pour l'évaluation des balises étaient la formation de biseaux indépendants avec espacement de 5 m. Cette configuration a donc été retenue lors de la phase III.

Les évaluateurs se sont répartis à l'intérieur des véhicules. Ces véhicules étaient à une distance suffisante pour ne pas apercevoir les balises lors du départ de l'essai. Les évaluateurs étaient au nombre de 17 lors de l'essai. Ces évaluateurs étaient composés de trois femmes et de quatorze hommes œuvrant dans différents domaines se rattachant au génie routier ; les milieux universitaire et professionnel étant représentés également. Ces évaluateurs avaient donc une bonne connaissance du sujet en cause.

Les mêmes hypothèses que lors de la phase I et II ont été posées, soit :

- La position d'un passager dans un véhicule (angle de vue) n'influence pas le résultat de l'évaluation;
- La perception de la balise testée d'un passager dans un véhicule est la même que celle du conducteur;

- Les passagers ne discutent pas entre eux et ne s'influencent donc pas mutuellement.

La première étape a été de faire quelques passages de jour afin que chaque évaluateur se forge une idée générale. Des photographies de jour des biseaux ont aussi été prises. Ces photographies sont présentées à l'annexe III.

La deuxième étape a été l'évaluation de chacune des balises en condition de nuit. La technique d'évaluation est décrite à la section 5.3.2.

La troisième étape a été le rajout d'un septième biseau au début des six premiers. Ce biseau consistait en cinq balises T-RV-7 couramment utilisées sur les chantiers routiers. Ces balises étaient caractérisées par une dégradation normale rencontrée en conditions réelles de chantiers. Aucune évaluation n'a été réalisée durant cette étape.

La quatrième étape a été l'ajout de panneaux de signalisation de travaux. Un panneau a été ajouté au centre des cinq biseaux composés de configurations non standard. Des photographies sont présentées à l'annexe III.

Les évaluations réalisées à l'étape 2 ont pu être confirmées ou réajustées grâce aux étapes 3 et 4.

5.3.2 Évaluation

Tout comme lors des phases I et II, les balises ont été évaluées selon les critères de visibilité et de lisibilité. Une modification a été apportée à la méthode d'évaluation. En effet, la fourchette numérique est passée de cotes allant de 1 à 3 à des cotes allant de 1 à 5. Ceci a été fait afin de pouvoir non seulement évaluer une configuration par rapport au T-RV-8, mais de pouvoir différencier les balises jugées supérieures et inférieures les unes par rapport aux autres.

La balise T-RV-8 a donc reçu par défaut la cote de 3. Les autres étaient évaluées en fonction de cette référence. Si la balise était jugée équivalente ou égale au T-RV-8, le pointage de 3 lui était attribué. Une balise supérieure se voyait attribuer le pointage de 4 ou 5 et une balise inférieure le pointage de 1 ou 2.

5.3.3 Balises et configurations testées

Les figures 5.4 à 5.8 présentent les balises en configuration de biseau individuel avec espacement entre les balises de 5 m.

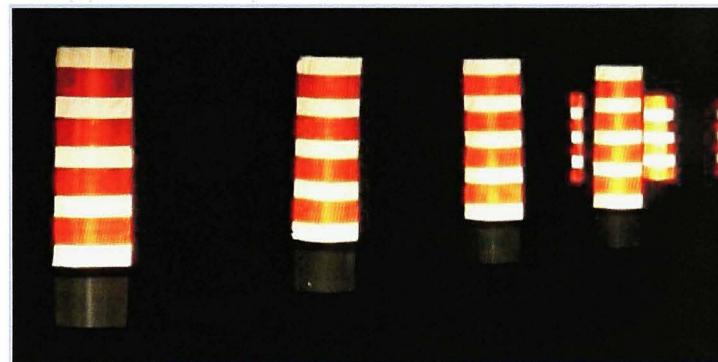


Figure 5.4 T-RV-8 (type II blanc).
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

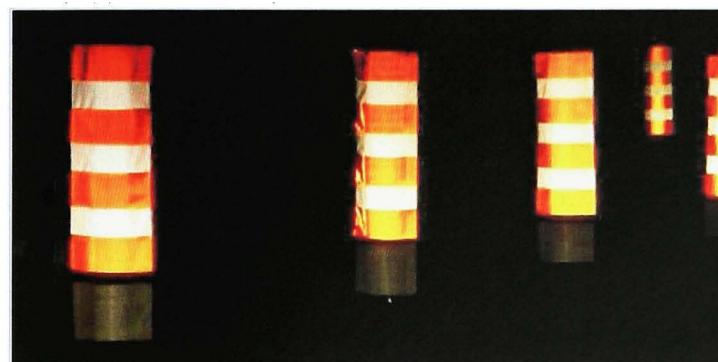


Figure 5.5 T-RV-8a.
(Groleau, 2007)

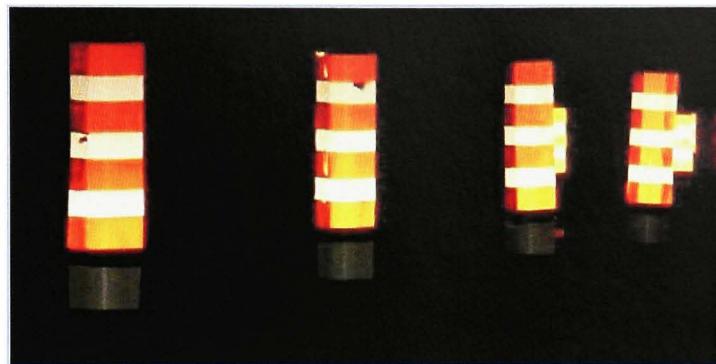


Figure 5.6 T-RV-8b (type II blanc).
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



Figure 5.7 T-RV-8c.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



Figure 5.8 T-RV-8d (type II blanc).
(Groleau, 2007)

Il est aisé de remarquer que peu de différences existent entre les combinaisons munies de pellicules de type III et celles munies de type II.

La figure 5.9 montre en avant plan le biseau composé de 5 T-RV-7 ayant subi une certaine dégradation due au temps.

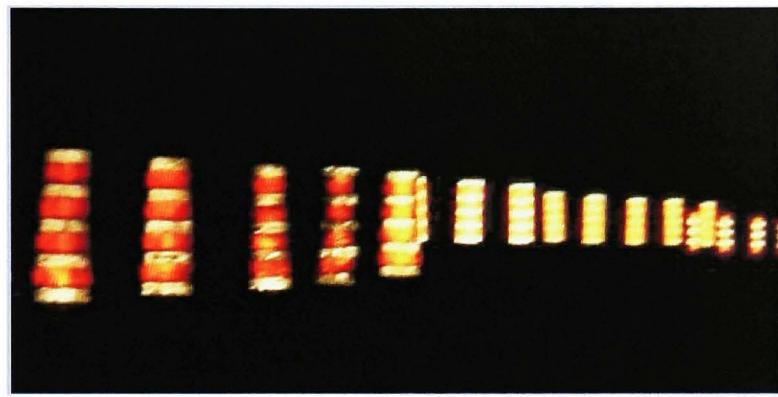


Figure 5.9 Biseau de T-RV-7 us s s s s.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). cole de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

5.3.4 Résultats et analyse

Le tableau 5.3 présente les résultats de l valuation des balises testées lors de la phase III.

Le score total a  t t calculé selon les deux critères, soit la lisibilité et la visibilité. La moyenne pour ces deux mêmes critères a  t t calculée et les balises ont  t t classées de 1 à 6. Un classement de 1 indique le score le plus élevé et donc la balise la plus appréciée selon ce critère. Il est à noter que le maximum possible pour un critère est de 5.

Tableau 5.3

Résultats de l'évaluation des balises phase III

Evaluateur #	Critère Lisibilité (L) Visibilité (V)	T-RV-8	T-RV-8 (type II blanc)	T-RV-8a	T-RV-8b (type II blanc)	T-RV-8c	T-RV-8d (type II blanc)
1	L	3	3	4	4	3	3
	V	3	2	3	2	2	2
2	L	3	3	3	3	3	3
	V	3	2	2	3	3	2
3	L	3	2	2	2	2	2
	V	3	2	2	2	2	2
4	L	3	3	2	2	2	2
	V	3	3	2	2	2	2
5	L	3	3	4	4	1	1
	V	3	3	3	3	1	1
6	L	3	2	1	2	1	1
	V	3	2	1	2	2	2
7	L	3	4	3	3	1	1
	V	3	4	3	3	1	1
8	L	3	3	3	3	3	3
	V	3	2	3	3	2	3
9	L	3	2	3	2	2	2
	V	3	4	4	4	4	4
10	L	3	4	2	2	2	2
	V	3	3	2	2	2	2
11	L	3	3	3	2	2	2
	V	3	3	3	3	2	2
12	L	3	3	2	2	2	2
	V	3	3	2	2	2	2
13	L	3	3	2	2	2	2
	V	3	3	2	2	2	2
14	L	3	2	1	2	2	2
	V	3	2	1	2	2	2
15	L	3	4	2	5	2	5
	V	3	1	2	2	1	2
16	L	3	4	2	5	2	5
	V	3	1	2	2	1	2
17	L	3	2	3	4	3	3
	V	3	2	3	3	3	2
TOTAL	L	51	50	42	49	35	41
	V	51	42	40	42	34	35
MOYENNE	L	3,000	2,941	2,471	2,882	2,059	2,412
CLASSEMENT	L	1	2	4	3	6	5
MOYENNE	V	3,000	2,471	2,363	2,471	2,000	2,059
CLASSEMENT	V	1	2	4	2	6	5
SOMME	L+V	6,000	5,412	4,824	5,353	4,059	4,471
CLASSEMENT	L+V	1	2	4	3	6	5

La somme des moyennes des deux critères a ensuite été calculée afin d'établir un classement global qui tient compte des deux critères de sélection à la fois.

Tout d'abord, en ce qui a trait aux critères de lisibilité et de visibilité, les trois premières positions dans l'ordre sont : T-RV-8, T-RV-8 (type II blanc) et T-RV-8b (type II blanc). De plus, ces positions restent inchangées lorsqu'on combine les deux critères ensemble.

Étant donné que le T-RV-8 standard a obtenu le meilleur score, il est important de mentionner un fait important : la totalité des autres configurations testées est jugée inférieure à la situation actuelle.

Il est également intéressant d'examiner les résultats des balises ayant une pellicule blanche type III avec leur correspondante mutuelle ayant une pellicule type II. Afin de faciliter l'analyse, les résultats ont été regroupés en groupes de 2 et sont présentés au tableau 5.4.

Tableau 5.4

Relation entre type II et type III

Balises	Lisibilité	Écart (valeur absolue)	Visibilité	Écart	Total
T-RV-8	3	0,059	3	0,529	6
T-RV-8 (type II blanc)	2,941		2,471		5,412
T-RV-8a	2,471	0,411	2,353	0,118	4,824
T-RV-8b (type II blanc)	2,882		2,471		5,353
T-RV-8c	2,059	0,353	2	0,059	4,059
T-RV-8d (type II blanc)	2,412		2,059		4,471

D'après les résultats, deux balises sur trois ayant du type II ont été préférées à celle ayant du type III. En effet, les T-RV-8b (type II blanc) et T-RV-8d (type II blanc) ont été préférées à leurs correspondantes T-RV-8a et T-RV-8c, et ce, pour tous les critères. Le T-RV-8 standard a quant à lui été préféré au T-RV-8 (type II blanc). De plus, si on tente de déterminer à quel niveau la différence de pellicule est la plus influente, l'intérêt doit être porté à l'écart des résultats pour un même critère. Le tableau 5.4 montre que deux des trois écarts les plus influents sont au niveau de la lisibilité. Ces deux écarts sont en faveur des pellicules type II. Cependant, les résultats des T-RV-8 standard et T-RV-8 (type II blanc) sont quant à eux en faveur de la pellicule type III et d'une influence majeure sur la visibilité.

Il est donc difficile de conclure en faveur d'un type de pellicule plutôt que d'un autre. Le critère influencé diffère d'une configuration à l'autre. La différence de rétroréflexion entre les deux types de pellicules est probablement trop faible pour observer une influence tangible. Toutefois, en rassemblant les balises de même configuration géométrique ensemble (tableau 5.5), il est possible de mettre en évidence certains éléments en rapport avec la largeur des bandes utilisées. Il est toutefois important de mentionner que, l'échantillon étant très restreint, les conclusions tirées doivent être considérées avec circonspections.

Tableau 5.5

Influence de la largeur des bandes

Balises	Lisibilité	Somme	Visibilité	Somme	Total
T-RV-8	3	5,941	3	5,471	11,412
T-RV-8 (type II blanc)	2,941		2,471		
T-RV-8a	2,471	5,353	2,353	4,824	10,177
T-RV-8b (type II blanc)	2,882		2,471		

Le T-RV-8 possédant les caractéristiques géométriques standard (bandes orange 120 mm / bandes blanches 84 mm) semble être plus apprécié, à tous les niveaux, que son concurrent (bandes orange 140 mm / bandes blanches 110 mm). Si on considère que la largeur des bandes est le seul facteur en cause ici, on peut donc avancer que la moyenne des passagers semble préférer voir un nombre plus élevé de bandes de plus faibles dimensions qu'un faible nombre de bandes plus larges.

Cependant, il est important de mentionner que cette affirmation est faite pour un échantillon de seulement deux configurations de largeurs de bandes orange et blanches. Plusieurs autres facteurs ont pu faire varier les résultats. De plus, certaines balises testées dans les phases précédentes ont obtenu des résultats supérieurs à la configuration du T-RV-8 standard tout en ayant un nombre de bandes moins élevé et une largeur plus grande. Des essais plus approfondis sur ce critère devraient être réalisés.

Tout comme lors des phases précédentes, les commentaires oraux et écrits recueillis ainsi que l'analyse des photographies mènent à dire que la possible cause de l'éblouissement ou la création de halo serait causée par la pellicule blanche. Il est cependant, encore une fois, important de rappeler que les essais ont été réalisés avec des pellicules rétroréfléchissantes neuves dont la capacité de rétroréflexion était maximale.

CHAPITRE 6

ÉTUDE DE COÛT

6.1 Coût attribué aux pellicules rétroréfléchissantes

Présentement, le coût d'une balise T-RV-7 est évalué à 90 \$ (Signel Services Inc, 2006) et celui d'un T-RV-8 à 120\$ (CFC 2000 Inc, 2006) (Ces prix ne comprennent pas les pesées). Une certaine partie de ces coûts est consacrée aux bandes rétroréfléchissantes. Le coût de la pellicule dépend de la qualité de la rétroréflexion recherchée. Le tableau 6.1 présente des prix approximatifs que le MTQ paierait pour un achat de grande quantité de pellicules rétroréfléchissantes.

Tableau 6.1

Prix / m² de la pellicule rétroréfléchissante en fonction du type
(Adapté de Pépin, 2008)

Type	Prix (\$/m ²)
I	9,15
II	16,00
III	22,87
IV	18,30
V	N'est plus produit
VI	41,17
VII	41,17

Source : Ce tableau est adapté de Pépin, Richard. (2008). 3M Canada, *consultation personnelle*.

Avec ces données, il est possible de déterminer le coût attribué à la pellicule seule pour une balise T-RV-7 et T-RV-8. Le coût de la pellicule d'un T-RV-7 est évalué à 27,68\$ alors que pour un T-RV-8, le coût est évalué à 17,62\$. Selon Tremblay (2006), le ministère des Transports du Québec possède un inventaire de T-RV-7 d'environ 200 000 unités. Le coût total consacré au renouvellement des pellicules d'un inventaire complet peut donc être estimé à 5 535 562 \$.

6.2 Analyse coût vs balises testées

Un exercice intéressant pouvant être réalisé est la comparaison du coût théorique de chacune des balises testées (pellicule seulement). Ces coûts sont présentés au tableau 6.2.

Tableau 6.2

Comparatif des coûts théoriques vs l'évaluation de la performance des balises testées

Référence		Coût de la pellicule (\$)	Différence (\$)	Rang (R1)	Cote	Rang (R2)	R1+R2	Rang total
Phase 1	T-RV-7	27,68	-----	15	4,000	7	22	11
	Ontario	16,37	-11,30	5	5,000	3	8	3
	Manitoba	9,92	-17,76	2	2,455	12	14	6
	Colombie-Britannique	15,95	-11,73	4	3,000	10	14	6
	Nouvelle-Zélande	5,39	-22,29	1	2,000	13	14	6
	T-RV-8 bleu rétroréfléchissant	34,92	7,24	17	2,818	11	28	14
	ÉTS-1	15,52	-12,16	3	4,545	4	7	1
Phase 2	ÉTS-2	17,46	-10,22	6	5,364	1	7	1
	ONT-1,2	18,62	-9,05	8	4,385	5	13	5
	ONT-1,0	18,62	-9,05	8	4,231	6	14	6
	BC-1,2	20,91	-6,77	10	3,154	9	19	11
	BC-1,0	20,91	-6,77	10	3,231	8	18	10
Phase 3	ÉTS-2	17,46	-10,22	6	5,077	2	8	3
	T-RV-8 (type II blanc)	24,96	-2,72	13	1,765	14	27	13
	T-RV-8a	28,84	1,16	16	1,530	16	32	17
	T-RV-8b (type II blanc)	26,71	-0,97	14	1,617	15	29	15
	T-RV-8c	22,63	-5,04	12	1,235	18	30	16
	T-RV-8d (type II blanc)	21,08	-6,60	11	1,324	17	28	14

À l'aide du tableau 6.2, il est possible d'évaluer les balises en trois temps. Dans le but de simplifier l'analyse, seul le T-RV-7 a été considéré comme référence. Les prix calculés sont donc basés sur les caractéristiques géométriques de cette balise. Il est aussi important de mentionner que les prix des balises de la phase I ont été calculés par rapport aux types de pellicules utilisés pour tester les balises et non selon le type mentionné dans la littérature.

Premièrement, si on s'intéresse au critère économique seulement, le coût théorique de chacune des balises testées a été calculé. Les balises ont ensuite été classées : la moins coûteuse recevant la cote de 1, la deuxième la cote de 2 et ainsi de suite. Selon ce classement, les balises se classant au trois premiers rangs sont la balise de la

Nouvelle-Zélande, la balise du Manitoba et la balise ÉTS-1. Évidemment, on ne peut évaluer les balises testées en se fiant qu'à ce seul critère : une balise moins coûteuse ne possède pas nécessairement les qualités recherchées. En effet, la balise de la Nouvelle-Zélande, qui se classe bonne première au niveau du coût, a reçu un des pires scores au niveau des évaluations. La référence (T-RV-7) au point de vue économique se classe quant à elle au 15^e rang, soit une des balises les plus coûteuses.

Deuxièmement, si on s'intéresse au critère d'efficacité seulement, on remarque que les trois premières positions sont respectivement la balise ÉTS-2 lors de la phase I, la balise ÉTS-2 lors de la phase II et la balise de l'Ontario. La référence ici reçoit un score moyen, soit une 7^e position.

Troisièmement, si on considère l'évaluation économique et l'évaluation d'efficacité comme étant égales, la pondération pour ces deux critères est la même n'ayant pas de référence à ce sujet. On peut combiner les caractéristiques économique et d'efficacité. Les cotes reçues pour les deux critères sont donc additionnées. La balise dont l'addition des cotes des deux critères donne le résultat le plus faible sera considérée comme la balise ayant le meilleur rendement entre son prix et son efficacité. Les trois premiers rangs à ce niveau sont occupés dans l'ordre par les balises ÉTS-1 et ÉTS-2 lors de la phase I, la balise ÉTS-2 lors de la phase II et la balise de l'Ontario. La référence (T-RV-7) reçoit un rang final de 11^e. Les trois premiers rangs sont donc occupés par trois balises possédant des caractéristiques relativement semblables. Entre autres, les balises ÉTS-1 et de l'Ontario possèdent les mêmes caractéristiques géométriques. De plus, ces trois balises ne possèdent pas de bande rétroréfléchissante de couleur blanche. Elles ont des surfaces apparentes de rétroréflexion et des quantités théoriques de lumière rétroréfléchie en accord avec la moyenne mondiale. Le tableau 6.2 permet d'affirmer que les coûts des pellicules des trois balises s'étant classées aux trois premiers rangs sont respectivement de 15,52\$, 17,46\$, 16,37\$. Ceci constitue des économies respectives par rapport au T-RV-7 de 12,16\$, 10,22\$ et 11,30\$. Le renouvellement complet d'un inventaire de 200 000 balises représenterait donc des économies approximatives respectives de 2 431 400\$, 2 043 390\$ et 2 260 900\$.

CONCLUSION

Le présent projet de recherche visait à répondre à certaines observations faites par le MTQ. Ces observations questionnaient certaines pratiques de signalisation de travaux du MTQ. En effet, l'équipement actuel servant à canaliser et guider la circulation, soit les T-RV-7, T-RV-8 et T-RV-9, semblait présenter une situation potentiellement problématique, soit un éblouissement ou un halo pouvant créer un inconfort pour certains usagers de la route.

En premier lieu, les différentes notions de base sur la physique de la rétroflexion ainsi que les critères standard de caractérisation ont été décrits.

En second lieu, une revue des différentes pratiques et normes en vigueurs de plusieurs administrations routières à travers le monde a été effectué. Cette revue a fait ressortir plusieurs caractéristiques intéressantes. Tout d'abord, après comparaison, les T-RV-7, 8 et 9 du Québec sont parmi les balises les plus hautes de la revue. Ces dernières ont une hauteur de 1,2 m, la moyenne des autres étant située entre 800 et 1 200 mm. Les balises québécoises sont aussi les seules à avoir une bande blanche rétroréfléchissante à son sommet.

Les couleurs orange ou rouge semblent être en accord avec la signification de travaux et ceci pour toutes les normes consultées des différentes administrations routières à travers le monde. De plus, la largeur des bandes utilisées sur les repères de grandes dimensions est pour la plupart de 100 mm et n'excède jamais 150 mm.

La surface rétroréfléchissante des balises québécoises est de 270 000 mm². La moyenne de la littérature est de l'ordre de 137 000 mm². Les balises québécoises ont donc environ deux fois plus de pellicules que la moyenne de ce qui se retrouve ailleurs. De plus, si on examine la quantité théorique de lumière rétroréfléchie, les balises du Québec ont une moyenne de 71,82 cd/lx, alors que la moyenne mondiale est de l'ordre de 25,7 cd/lx.

Les balises québécoises rétroréfléchissent donc approximativement 2,8 fois plus de lumière que la moyenne mondiale.

Suite à cette revue des différentes pratiques et normes en vigueur à travers le monde, trois phases d'essais ont été réalisées. Les trois phases d'essais ont été menées avec différents prototypes. Un certain nombre de conclusions ont pu être tirées.

Tout d'abord, au niveau de l'évaluation même, la configuration de balise jugée la meilleure pour l'analyse a été le biseau avec espacement de 5 m. La vitesse optimale pour fin d'analyse a été évaluée à 50 km/h.

Si on s'attarde aux balises mêmes, les conclusions sont les suivantes. Premièrement, la hauteur d'une balise ne semble pas être un facteur important quant à l'influence sur la préférence de l'évaluateur. Cependant, une tendance semble avoir été remarquée entre la distribution des bandes et la hauteur même de la balise. Un lien physique entre le bas des bandes et la route devrait donc être préconisé afin d'éviter un effet de flottement des bandes ou de « trou noir » entre le bas des bandes et la route.

Deuxièmement, le critère de visibilité ne semble pas seulement lié à la quantité de surface rétroréfléchissante mais aussi à une bonne répartition des bandes sur la longueur jugée utilisable. Le critère de lisibilité semble, quant à lui, lié au contraste des couleurs utilisées ainsi qu'au contraste de luminescence. Plus le contraste est grand, mieux le message semble rendu.

Troisièmement, différents prototypes ont été testés. Les meilleures cotes ont été attribuées à deux prototypes, soit le ÉTS 2 et le Ont-1,2. Ces balises avaient comme différences majeures une combinaison de couleurs orange et noir plutôt que le orange et blanc usuels. Il est à noter que les configurations composées de ces deux couleurs sont les seules de l'étude à avoir été jugées supérieures à la configuration actuellement utilisée. Ces balises ont cependant été rejetées par le comité de suivi du MTQ, ce dernier jugeant ce type de balise

non applicable au territoire québécois. Les raisons évoquées étaient, entre autres, que des balises possédant moins de bandes rétroréfléchissantes subiraient une dégradation et une perte de rétroréflexion accélérée des pellicules en conditions de chantier et que la couleur noire, qui n'a aucun coefficient de rétroréflexion, n'entrait pas dans un concept d'uniformisation avec les administrations routières voisines; l'Ontario, Terre-Neuve et le Labrador faisant cavaliers seuls en Amérique du Nord. Une étude approfondie sur la vitesse de dégradation et la perte de rétroréflexion en condition de chantier routier devrait donc être menée dans le cadre d'un autre projet de recherche. Cet aspect ne faisant pas partie de la présente étude.

Un vaste lot de prototypes orange et blanc a aussi été testé. Différentes caractéristiques telles la hauteur de la balise, les dimensions géométriques des bandes et le type de pellicules ont été testées. Aucun prototype n'a obtenu de résultat supérieur au statu quo que représentait le T-RV-8. Ce dernier représente donc la balise orange et blanche ayant reçu le meilleur résultat.

En ce qui a trait à l'éblouissement ou au halo pouvant créer un inconfort pour certaines personnes, l'analyse des différents commentaires, le visionnement des vidéos et l'analyse des photographies permettent de dire que ce phénomène est créé par la pellicule blanche. Il est cependant important de mentionner que tous les tests ont été réalisés avec des pellicules totalement neuves, ayant donc une capacité rétroréfléchissante maximale.

L'étude de coûts a permis d'évaluer les balises selon un critère d'efficacité vs coût. À nouveau, ce sont les balises combinant les couleurs orange et noire qui obtiennent les meilleurs résultats. Cette combinaison de couleur obtient donc les meilleures cotes au niveau de l'efficacité et de l'efficacité vs son coût théorique. La configuration actuelle, soit celle des T-RV-7, 8 et 9, s'avère onéreuse compte tenu du rendement d'efficacité qu'elle offre.

À la lumière de ces informations, les recommandations suivantes peuvent être faites.

Une attention particulière devrait être portée sur les configurations de bandes rétroréfléchissantes impliquant la combinaison des couleurs orange et noire. Une étude à grande échelle en conditions réelles de chantier devrait être menée afin de déterminer si une telle configuration répond aux conditions particulières rencontrées. À partir de ces résultats, s'il s'avérait que la sécurité des usagers n'était pas diminuée et que la relation entre le coût et la longévité de la pellicule était positive, l'introduction d'une telle configuration serait envisageable et souhaitable. Il est recommandé d'utiliser pour un tel exercice les configurations de la balise ontarienne et du prototype ÉTS-2 de la présente étude.

Considérant la continuité de l'utilisation d'une configuration de bande rétroréfléchissante blanche et orange et qu'aucune autre configuration de ce type n'a été jugée supérieure, le comité du MTQ a statué que la configuration actuelle demeure la meilleure. Or, cette configuration est à l'origine de cette étude puisqu'elle présente des problèmes d'éblouissement. Ainsi, puisque la simulation à titre expérimentale de la dégradation des pellicules (i.e. vieillissement artificiel) en condition terrain (i.e. sur sites de travaux routiers) est difficilement réalisable dans le cadre d'un projet de recherche s'échelonnant sur une courte durée et que les observations réalisées lors de ce projet ont été faites à partir de conditions idéales avec des pellicules neuves qui ont un coefficient de rétroréflexion nettement plus élevé que ce que l'on peut retrouver sur l'ensemble des chantiers routiers, une étude sur d'autres configurations devrait être menée. Cette étude devrait tenir compte des leçons tirées grâce à la revue mondiale et des précédents essais. De plus, les futurs essais devraient considérer une population d'évaluateurs statistiquement plus importante. Les évaluateurs devraient aussi provenir de domaines multiples et non seulement du domaine routier.

ANNEXE I

GUIDE POUR LE CHOIX DES PELLICULES (FHWA)

FHWA Retroreflective Sheeting Identification Guide – September 2005									
Notes: ASTM Types are shown as stated by the manufacturers using ASTM D4956-04 "type" designations. Agencies should verify that the sheeting they use complies with their specifications or ASTM D4956. FHWA does not endorse or approve any material nor does it determine type category(s) for materials. This side of the Sheeting ID Guide is for rigid surfaces only. The other side is for flexible surfaces and non-signing applications.									
Retroreflective Sheeting Materials for Rigid Sign Surfaces Made with Glass Beads									
Example of Sheeting (Shown to scale)									
ASTM Type	I	I	I	II	III	III	II	III	III
Manufacturer	See note A	Avery Dennison®	Nippon Carbide	3M™	ATSM, Inc.	Avery Dennison®	Kiwalite®	LG Lite	Nippon Carbide
Brand Name	Engineer Grade	Super Engineer Grade	Super Engineer Grade	High Intensity	High Intensity	High Intensity	High Intensity	High Intensity	High Intensity
Series Number	Several	T-2000 17000 18000	15000 2800 3800	ASTM HI	T-6500	22000	LH8000 LH8100	N500	N800
NOTES:	A – All the manufacturers listed on the other side of this guide (except Reflexte) provide Engineer Grade sheeting. Engineer Grade sheeting is uniform without any patterns or identifying marks. Visually, it is indistinguishable from lower quality grades (i.e., utility and commercial grades).								
Retroreflective Sheeting Materials for Rigid Sign Surfaces Made with Prisms									
Example of Sheeting (Shown to scale)									
ASTM Type	III, IV	III, IV, X	VII, VIII, X	VII	IV, VIII	IX	IX	X	Unassigned
Manufacturer	Avery Dennison®	3M™	3M™	Avery Dennison®	Nippon Carbide	3M™	Avery Dennison®	Nippon Carbide	3M™
Brand Name	High Intensity Prismatic	High Intensity Prismatic	Diamond Grade™ LDP	MVP Prismatic	Crystal Grade	Diamond Grade™ VIP	Omni-View™	Crystal Grade	Diamond Grade™ DG3
Series Number	T-8500	3900	3870	T-7500	94000 (IV) 92000 (VIII)	3990	T-8500	93000	4000
NOTES:	B	B	B, D		B, C		C		
B – These materials can be classified as different ASTM Types.									
C – These materials are visually indistinguishable from one another.									
D – The arrow or "water mark" on this product is no longer included with new productions.									

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. *Federal Highway Administration Home Page*, [En ligne].
[\[http://www.fhwa.dot.gov/\]](http://www.fhwa.dot.gov/) Consulté en mai 2006

<p>Notes: ASTM Types are shown as stated by the manufacturers using ASTM D4956-04 "type" designations. Agencies should verify that the sheeting they use complies with their specifications or ASTM D4956. FHWA does not endorse or approve any material nor does it determine type category(s) for materials. This side of the Sheeting ID Guide is for flexible and non-signing applications. The other side is for rigid surfaces. Below are symbols that have been used to indicate special applications for sheeting on this side of the Sheeting ID Guide:</p>						
	Cone	Drums	Temporary Tubes		Sign	
Retroreflective Sheeting Materials for Non-Signing Applications						
Example of Sheeting (Shown to scale)						
ASTM Type	III	II	V	V	III	VI
Manufacturer	Avery Dennison®	Reflexite	Reflexite	Reflexite	3M™	Reflexite
Brand Name	High Intensity Prismatic Work Zone	High Impact Channelizer Tape	Barrier Delineator	Barrier Delineator	High Intensity Flexible	Traffic Cone Collar
Series Number	WR-6100	n/a	AR1000	AP1000	3640	n/a
Typical Use	Reboundable Device	Reboundable Device	Rigid Non-Signing Surface	Rigid Non-Signing Surface	Reboundable Device	Traffic Cone
Retroreflective Sheeting Materials for Flexible Signs						
Example of Sheeting (Shown to scale)						
ASTM Type	VI	VI	VI	VI	VI	VI
Manufacturer	3M™	3M™	Avery Dennison®	Reflexite	Reflexite	Reflexite
Brand Name	Diamond Grade™ Roll-Up Sign	Vinyl Roll-Up Sign	Flexible Roll-Up Sign	Flagging Material	High Performance Marathon	Super Bright Fluorescent
Series Number	RS20	RS30	WU-6014	n/a	n/a	n/a
Typical Use	Roll-Up Sign	Roll-Up Sign	Roll-Up Sign	Roll-Up Sign	Roll-Up Sign	Roll-Up Sign
Contact Information						
3M - www.3M.com/lsm	Kiwalite - www.kiwa-life.com		Reflexite - www.reflexite.com			
ATSM, Inc. - www.atsminc.com	LG Lite - www.lochem.com		Nippon Carbide - www.nipkalite.com			
Avery Dennison - www.reflectives.averydennison.com			FHWA - www.fhwa.dot.gov/retro			

Source : Cette figure est tirée de Federal Highway Administration. *Federal Highway Administration Home Page*, [En ligne].
[\[http://www.fhwa.dot.gov/\]](http://www.fhwa.dot.gov/) Consulté en mai 2006

ANNEXE II

VÉHICULES LES PLUS VENDUS AU CANADA

Voitures passagères					
2001			2002		
1	Honda Civic	66 300	1	Honda Civic	69 973
2	Chevrolet Cavalier	49 094	2	Chevrolet Cavalier	53 614
3	Mazda Protegé	46 323	3	Toyota Corolla	52 117
4	Ford Focus	41 752	4	Mazda Protegé	48 872
5	Pontiac Sunfire	41 398	5	Pontiac Sunfire	46 036
6	Toyota Corolla	39 161	6	Ford Focus	40 228
7	Honda Accord	28 383	7	Toyota Camry	30 216
8	Pontiac Grand Am	26 203	8	Honda Accord	30 060
9	Nissan Sentra	25 616	9	Hyundai Accent	26 538
10	Hyundai Accent	25 322	10	Volkswagen Jetta	23 984
11	Toyota Camry	23 349	11	Toyota Echo	23 909
12	Volkswagen Jetta	23 315	12	Pontiac Grand Am	23 774
13	Ford Taurus	22 810	13	Ford Taurus	23 389
14	Chrysler Neon	22 096	14	Chrysler Sebring	22 127
15	Chrysler Sebring	21 565	15	Nissan Sentra	21 706

Source : Ce tableau est adapté de Industrie Canada. *Automotive - 2002 – Top 15 Best Selling Passenger Cars in Canada 2001 – 2002*, [En ligne].
[\[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inauto-auto.nsf/en/am01580e.html\]](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inauto-auto.nsf/en/am01580e.html) Consulté en juillet 2006

ANNEXE III

PHOTOS DES BALISES DES PHASES II ET III

Cette annexe présente les balises testées lors des phases II et III.

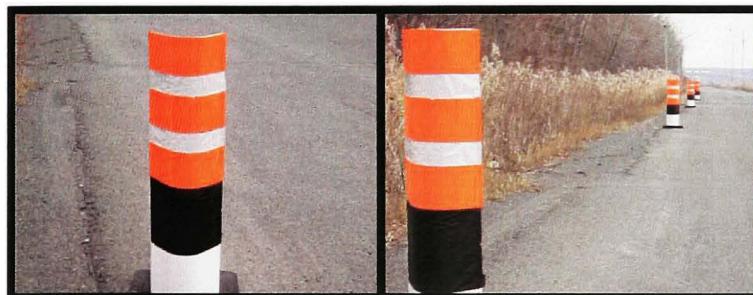
Phase II : l'espacement entre les balises est de 20 m.



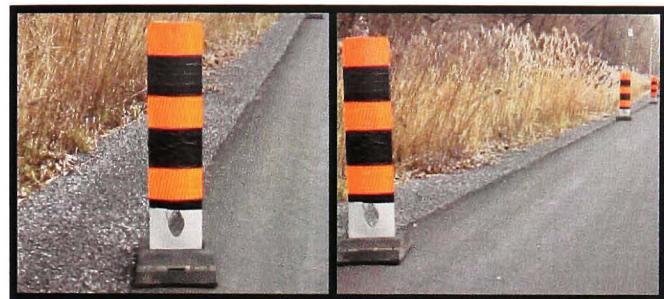
T-RV-8.
(Groleau, 2006)



Prototype Ont-1,2.
(Groleau, 2006)



Prototype BC-1,2.
(Groleau, 2006)



ÉTS 2.
(Groleau, 2006)



Prototype Ont-1.0.
(Groleau, 2006)



Prototype BC-1.0.
(Groleau, 2006)

Phase III : l'espacement entre les balises est de 5 m.



T-RV-8 et T-RV-8 type 2.
(Groleau, 2007)



T-RV-8a et T-RV-8b.
(Groleau, 2007)



T-RV-8c et T-RV-8d.

(Groleau, 2007)

Phase III en condition de nuit : l'espacement entre les balises est de 5 m. Un panneau de signalisation de travaux est présent dans chaque biseau.



T-RV-8 type 2 avec panneau de travaux.

(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



T-RV-8a avec panneau de travaux.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



T-RV-8b avec panneau de travaux.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



T-RV-8c avec panneau de travaux.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.



T-RV-8d avec panneau de travaux.
(St-Jacques, 2007)

Source : Cette figure provient de St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *consultation personnelle*.

LISTE DE RÉFÉRENCES

- ASTM International. (2006). *Standard Specification for Retroreflective Sheeting for Traffic Control, D 4956-05*, West Conshohocken, 12 p.
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Coefficient of Retroreflection of Retroreflective Sheeting Utilizing the Coplanar Geometry, E 810-03*, West Conshohocken, 8 p.
- Baass, Karsten. (1993). *Précis sur la signalisation routière au Québec*, Québec, Association québécoise du transport et des routes.
- British Columbia Ministry of Transportation and Highways. (1999). *Traffic Control Manual for Works on Roadways*, Victoria.
- British Columbia Ministry of Transportation and Highways. (2006). *Traffic Control Manual for Works on Roadways, Technical Circular T-09/05*, Victoria, 5 p.
- CFC 2000 Inc. (2006). *Consultation personnelle*.
- Comité national de la signalisation routière, ATC. (1998). *Manuel Canadien de la signalisation routière*, Ottawa.
- Department of Transport, Energy & Infrastructure. (2002). *Australian Standard AS 1742.3-2002*, Homebush, Standards Australia.
- Department of Transport, Energy & Infrastructure. (1988). *Australian Standard AS 1906-1981*, Homebush, Standards Australia.
- Department of Transport, Energy & Infrastructure. (1993). *Australian/New-Zealand Standard AS/NZS 1906.1:1993*, Homebush et Wellington, Standards Australia and Standards New-Zealand.
- Federal Highway Administration. (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington D.C.
- Government of Newfoundland and Labrador, Department of Works, Services and Transportation. (2003). *The department of Works, Services and transportation specification book*, St John's, 555 p.
- Graff, Michel. (2006). Service d'Étude technique des Ponts et Autoroutes, *Consultation personnelle*.

- Kaufmann, Stacy. (2006). Department of Highways and Transportation of Saskatchewan, *Consultation personnelle*.
- Manitoba Transportation and Government Services. (1997). Policy/Standard No. 900-B-12, Manitoba, 3 p.
- Mckinney, Brian. (2006). Department of Transportation of New-Brunswick, *consultation personnelle*.
- Ministère des Transports du Québec. (2006). *Plan d'action en matière de sécurité sur les sites de travaux routiers*, Québec, 16 p.
- Ministry of Transportation, (2001). *Ontario Traffic Manual Temporary Conditions*, St-Catharines, 253 p.
- Nazair, Claude. (2007). *Commentaires sur le rapport final proposé par l'ÉTS*, Québec, Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures, 6 p.
- Nazair, Claude. (2006). Devis de recherche, *Étude sur la configuration horizontales des pellicules rétroréfléchissantes à utiliser sur les repères visuels*, Québec, Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures, 7 p.
- Nebraska Department of Roads. (2005). *States of Nebraska Supplement to the Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Nebraska, 31 p.
- Peeters, Michel. (2006). ministère de l'Équipement et des Transports de la région Wallone de Belgique, *Consultation personnelle*.
- Pépin, Richard. (2008). 3M Canada, *Consultation personnelle*.
- Service d'Étude Technique des Routes et des Autoroutes. (2002). *Instruction interministérielle sur la signalisation routière*, Paris.
- Signel Services. (2006). *Consultation personnelle*.
- Société dictionnaires Le Robert. (1996). *Le Petit Robert*, Paris, 2592 p.
- St-Jacques, Michèle. (2005-2008). École de technologie supérieure, *Consultation personnelle*.
- Texas Department of Transportation. (2006). *Texas Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Texas.
- Texas Transportation Institute. (2004). *Seeing the road safely and efficiently*, Texas, Texas Transportation Researcher, 24 p.

- Transports Québec. (2005). *Matériaux*, Québec, Les Publications du Québec, Tome VII, (Ouvrages routiers).
- Transports Québec. (2006). *Signalisation routière*, Québec, Les Publications du Québec, Tome V, (Ouvrages routiers).
- Transit New-Zealand. (2006). *Code of practice for temporary traffic management*, Wellington.
- Varricchio, Vince. (2007). Transport South Australia, *Consultation personnelle*.
- Virginia Department of Transportation. (2005). *States of Virginia Supplement to the Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Richmond, 212 p.
- Wood, Ken. (2006). Federal Highway Administration, *Consultation personnelle*.

Sites internet

- American Society for Testing and Material. *ASTM international – Standards Worldwide*, [En ligne].
[\[http://www.astm.org/\]](http://www.astm.org/) Consulté en mai 2006.
- Avery Dennison. *Avery Dennison Reflective Products Devision*, [En ligne].
[\[http://www.reflectives.averydennison.com/avery_index.html\]](http://www.reflectives.averydennison.com/avery_index.html)
 Consulté en août 2006.
- Department of Transportation and Regional Services. *Dotars Home Page*, [En ligne].
[\[http://www.dotars.gov.au/\]](http://www.dotars.gov.au/) Consulté en juin 2006.
- Federal Highway Administration. *Federal Highway Administration Home Page*, [En ligne].
[\[http://www.fhwa.dot.gov/\]](http://www.fhwa.dot.gov/) Consulté en mai 2006.
- Government of Newfoundland and Labrador, Department or Works, Services and Transportation. *Welcome to the Department of Transportation & Works*, Government of Newfoundland, [En ligne].
[\[http://www.tw.gov.nl.ca/\]](http://www.tw.gov.nl.ca/) Consulté en juillet 2006.
- Guardian Traffic Services ltd. *Guardian Traffic Supply LTD, Regina Sask – Traafic Control Specialits*, [En ligne].
[\[http://www.gts-sk.com/\]](http://www.gts-sk.com/) Consulté en juin 2006.
- Industrie Canada. *Automotive - 2002 – Top 15 Best Selling Passenger Cars in Canada 2001- 2002*, [En ligne].
[\[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inauto-auto.nsf/en/am01580e.html\]](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inauto-auto.nsf/en/am01580e.html)
 Consulté en juillet 2006.

- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*, [En ligne].
[<http://www.lcpc.fr/index2.dml>] Consulté en juin 2006.
- Ministère de l'Équipement et des Transports. *Autoroutes et Routes de Wallonie*, [En ligne].
[<http://routes.wallonie.be/>] Consulté en juin 2006.
- Ministère des Transports du Québec. *Transports Québec*, [En ligne].
[<http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/index.asp>] Consulté en mai 2006.
- Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. *Site du ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer*, [En ligne].
[<http://www.equipement.gouv.fr/>] Consulté en juin 2006.
- Ministry of Transportation of Ontario, *Ministry of Transportation / Ministère des Transports*, [En ligne].
[<http://www.mto.gov.on.ca/>] Consulté en mai 2006.
- Nebraska Department of Roads. *Nebraska Department of Roads Home Page*, [En ligne].
[<http://www.nebraskatransportation.org/>] Consulté en mai 2007
- NCI France, *Nippon Carbide Industries S.A.* <http://www.nci-f.fr/>, [En ligne].
[<http://www.nci-f.fr/>] Consulté en mai 2008.
- Province de la Colombie-Britannique. *Transportation – Province of British Columbia*, [En ligne].
[<http://www.gov.bc.ca/>] Consulté en juin 2006.
- Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, *SETRA. Accueil - Internet Sétra*, [En ligne].
[<http://www.setra.equipement.gouv.fr/>] Consulté en juillet 2006.
- Texas Department of Transportation. *Texas Department of Transportation Home Page*, [En ligne].
[<http://www.dot.state.tx.us/>] Consulté en juin 2006.
- Transit New-Zealand. *Transit New-Zealand*, [En ligne].
[<http://www.transit.govt.nz/>] Consulté en juin 2006.
- Université de Manchester, *Reaction Times and stopping distances*, [En ligne].
[http://www2.umist.ac.uk/optometry/dept/plainis/RTs_stopping_distances.html]
Consulté en août 2006.
- Virginia Department of Transportation. *Virginia Department of Transportation*, [En ligne].
[http://www.virginiadot.org/default_flash.asp.] Consulté en juin 2006.