

**NORMALISATION DES MESSAGES
SUR PANNEAUX À MESSAGES VARIABLES (PMV)**

Simon Trépanier, ing.
Ministère des Transports du Québec

simon.trepanier@mtq.gouv.qc.ca

Exposé préparé pour
la séance sur les Innovations en matière de techniques
et de gestion de la circulation

**du Congrès annuel de 2007 de
l'Association des transports du Canada
à Saskatoon (Saskatchewan)**

Résumé

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) déploie des efforts continuels afin d'améliorer la sécurité des usagers de la route, tout en facilitant la circulation sur son réseau routier. Depuis les dernières années, cette démarche s'est concrétisée par la mise à jour constante des normes de signalisation routière, contenues dans le *Tome V – Signalisation routière*. Ces mises à jour s'appuient sur l'intégration de nouvelles façons de faire, d'équipements améliorés, d'expérimentations, de formations spécifiques ainsi que de mécanismes d'information et de sensibilisation.

Plus particulièrement, le MTQ a récemment mis l'accent sur le développement de systèmes de transport intelligents (STI). Les panneaux à messages variables (PMV), qui sont des dispositifs lumineux permettant de transmettre différents messages en temps réel aux usagers de la route, sont des éléments clés de ces systèmes.

Les messages transmis par les PMV sont liés à l'évolution des travaux en cours, aux conditions de circulation, aux conditions routières, ainsi qu'au signalement des accidents et des incidents. Leur utilisation permet donc aux usagers de la route de modifier leur itinéraire ou d'adapter leur conduite aux obstacles et à l'état de la circulation, augmentant par le fait même la sécurité des usagers et favorisant la fluidité de la circulation.

Les PMV sont de plus en plus utilisés sur le réseau routier québécois. Il a été convenu d'étudier, de valider et de bonifier les pratiques actuelles afin d'améliorer l'efficacité de la signalisation à messages variables et d'assurer une meilleure uniformité des messages transmis aux usagers.

À cet effet, un projet de recherche a été réalisé par une équipe de l'Université de Montréal, sous la supervision du ministère des Transports du Québec (MTQ). Le projet de recherche s'est terminé à l'été 2005. À la suite du dépôt du rapport final, un groupe de travail formé de spécialistes du Ministère dans l'utilisation de PMV s'est chargé de déterminer les éléments du rapport qui pouvaient être introduits dans les normes provinciales. Les travaux ont permis de déterminer les points suivants :

- les types de PMV utilisés, leurs caractéristiques d'affichage et leurs dimensions;
- les règles d'emplacement et d'installation;
- les règles et stratégies d'affichage à privilégier;
- le contenu des messages, soit la terminologie à employer dans différentes circonstances (congestion, travaux, conditions météorologiques, etc.);
- plusieurs exemples d'utilisation des principaux termes sur les différentes dimensions de PMV;
- une série de pictogrammes conçus spécialement pour les PMV.

La norme a été introduite au *Tome V – Signalisation routière en mars 2006* et fait l'objet d'une utilisation constante par les différents gestionnaires de réseaux du Québec.

TYPES DE PMV

Il existe cinq types de panneaux à messages variables :

- les PMV permanents aériens installés sur les autoroutes;
- les PMV permanents aériens installés dans les bretelles d'entrée et aux entrées de tunnels autoroutiers;
- les PMV permanents latéraux installés sur les voies rapides;
- les PMV permanents latéraux installés en milieu urbain;
- les PMV mobiles.

Les dimensions minimales de la matrice d'affichage varient en fonction du type de panneau. En ce qui concerne les PMV mobiles, la matrice doit avoir au moins 27 x 72 pixels, alors que pour les PMV permanents aériens elle doit avoir au moins 36 x 140 pixels. Les dimensions précises de tous les types de PMV sont présentées au tableau 1.

Une bordure rétro réfléchissante peut également être ajoutée autour des PMV pour en améliorer la visibilité. La bordure peut être de couleur orange ou de couleur verte, selon le type de message affiché sur le panneau. L'utilisation de la bordure de couleur orange est recommandée lorsque les messages sont surtout liés aux travaux en cours, alors que celle de la bordure verte l'est lorsque les messages portent surtout sur les conditions de circulation, les conditions routières et le signalement des accidents et des incidents. Lorsqu'elle est employée, la bordure rétro réfléchissante doit être de type III. Un exemple de panneau avec bordure rétro réfléchissante est présenté à la figure 1.

EMPLACEMENT ET INSTALLATION

Les PMV, qu'ils soient installés en bordure ou au-dessus de la chaussée, doivent toujours être placés de façon que le message soit facilement lisible. Le message transmis par le PMV ne doit être pas partiellement ou entièrement masqué par des panneaux de signalisation à messages fixes, comme des panneaux temporaires pour travaux, ou par des structures.

Ainsi, un panneau installé au-dessus de la chaussée doit être incliné de 3° à 5° par rapport à la verticale de façon à faire légèrement face vers le bas. La même logique s'applique pour les panneaux installés en bordure de la chaussée : ils doivent alors être orientés vers la chaussée, à un angle d'environ 87° par rapport à l'axe du chemin public. De plus, les PMV ne doivent pas être installés dans une courbe.

Contrairement aux autres structures de supersignalisation latérale, les structures supportant des panneaux à messages variables fixes doivent toujours être protégées,

compte tenu des coûts élevés de fabrication de ces dispositifs. La protection doit se faire conformément aux normes de conception et de construction du MTQ.

Quant aux PMV mobiles, ils doivent respecter les distances de dégagement latéral spécifiées dans les normes du MTQ ou être placés derrière un élément de sécurité protégeant un obstacle déjà en place. Dans les autres cas, des repères visuels doivent être installés en amont du PMV, comme cela est montré à la figure 2.

Les distances de visibilité minimales des PMV varient entre 250 m et 300 m, alors que les distances de lisibilité minimales varient entre 60 m et 250 m. Le tableau 2 donne plus de détails à ce sujet.

RÈGLES ET STRATÉGIES D’AFFICHAGE

Dans le but d’assurer une bonne lisibilité des messages, plusieurs règles doivent être respectées. Les principales sont les suivantes et elles sont décrites en détail ci-dessous:

- la taille des caractères doit être d’au moins 5 x 7 pixels, soit une hauteur minimale variant de 300 mm pour les PMV mobiles à 460 mm pour les PMV permanents installés en bordure des voies rapides;
- toutes les lettres doivent être en majuscules et elles ne doivent jamais être compressées;
- un maximum de trois lignes de texte est toléré dans une même phase d’affichage;
- les caractères, les mots et les lignes doivent être espacés suffisamment entre eux pour éviter un effet de halo qui cacherait une partie du message.

Les panneaux à messages variables doivent pouvoir afficher trois lignes de texte. De plus, seules les lettres majuscules doivent être utilisées sur les PMV, y compris dans les abréviations. La même police de caractères doit être utilisée pour l’ensemble du message afin d’assurer l’uniformité et de diminuer les risques d’erreur.

Les signes diacritiques doivent figurer en tout temps, et les lettres ne doivent jamais être compressées. Afin d’assurer une bonne lisibilité des messages transmis sur les PMV, les règles d’espacement présentées à la figure 3 doivent être respectées.

Les PMV permettent l’affichage de l’information pertinente sur plusieurs images consécutives. Chacune de ces images, qui peuvent être composées de texte, de pictogrammes ou d’une combinaison des deux et qui, une fois assemblées, constituent le message complet, est appelée « phase ».

Les phases sont constituées d’unités d’information. Une unité d’information est une composante d’un message qui répond à une question relative à l’état ou à l’utilisation

du réseau et qui représente une indication recherchée par l'utilisateur de la route dans son processus de prise de décision. Chaque unité d'information est composée d'un mot ou d'une expression compréhensible en elle-même.

La présentation des messages doit être faite de façon claire et concise, d'où l'importance de choisir judicieusement le vocabulaire et les pictogrammes (l'utilisation de pictogrammes peut être avantageuse si cela permet de remplacer une expression comportant plusieurs mots), de façon à pouvoir transmettre l'information en une seule phase d'affichage. Dans le cas où les messages ne peuvent être présentés dans une seule phase, un maximum de deux phases d'affichage est toléré.

Le temps d'affichage (temps allumé) de chaque phase varie entre deux et trois secondes, selon le nombre d'unités d'information affichées. Ainsi, le temps d'affichage doit être de :

- deux secondes au minimum pour une phase comportant une seule unité d'information;
- trois secondes au maximum pour une phase comportant trois unités d'information.

Chaque phase d'un message doit être statique. Il est donc interdit de faire clignoter ou défiler du texte ou un pictogramme, horizontalement ou verticalement.

Puisque le Québec est soumis à la section 22 de la Charte de la langue française, toutes les inscriptions paraissant sur les PMV doivent être en français. Afin d'éviter toute confusion, il est préférable de remplacer les termes problématiques par un pictogramme ou un symbole approprié. L'utilisation de termes simples et précis pouvant être lus et compris à la fois par des usagers francophones et par des usagers d'une autre langue sont également à privilégier.

En l'absence de conditions inhabituelles les messages liés à la sécurité publique immédiate et qui impliquent une action à court terme de la part des usagers (alerte au smog, alerte AMBER, etc.) peuvent être affichés. Les campagnes de sécurité sont également tolérées, mais elles ne peuvent être affichées pendant une période trop longue pour ne pas créer un effet de désintéressement chez les usagers de la route.

CONTENU DES MESSAGES (TERMINOLOGIE À EMPLOYER)

Pour assurer la crédibilité des messages, ces derniers doivent être simples, clairs, courts et représentatifs de la situation réelle à laquelle doivent faire face les usagers de la route. Ils doivent donc être révisés au besoin en fonction de l'évolution de la situation (état de la circulation, travaux, accidents, etc.).

Deux types de messages peuvent être transmis à l'aide d'un panneau à messages variables : le message « axial » et le message « réseau ».

Le message « axial » réfère à un événement ou à un incident survenu en aval, sur la même route (axe) où circule le conducteur. Le message « réseau », quant à lui, réfère à un événement ou à un incident plus ou moins rapproché survenu sur un autre axe routier.

Dans le cas des messages « réseau », la route ou l'autoroute sur laquelle est survenu l'incident doit nécessairement être identifiée et elle doit être placée sur la première ligne de texte. Cette information est toutefois optionnelle pour les messages de type « axial », puisque l'incident est survenu sur la même route où l'utilisateur circule. Il peut tout de même s'avérer utile d'afficher cette information dans certains cas particuliers. L'inscription doit alors être placée sur la première ligne de texte. Lorsque la cause de l'incident est affichée, elle doit généralement paraître à la suite de l'axe de l'incident.

Lorsqu'on veut préciser l'emplacement de l'entrave, il doit être inscrit à la suite de la cause de l'incident. Il est préférable de localiser un incident en affichant le nom de la sortie ou la distance à parcourir avant d'atteindre l'entrave. Si l'espace disponible sur le PMV est restreint, le numéro de la sortie peut être utilisé.

Les impacts, conseils ou options, lorsqu'il est nécessaire de les préciser, doivent paraître ensuite. Lorsqu'un itinéraire facultatif est suggéré, qu'un détour doit être effectué ou que les conditions de circulation entraînent un long délai d'attente, il est possible d'inscrire le temps de parcours approximatif. Lorsqu'il est affiché, celui-ci doit être indiqué sur la dernière ligne de texte.

Selon le type de situation à signaler, différents termes doivent être utilisés. Ainsi, pour décrire les conditions de circulation, le choix de l'une ou l'autre des expressions dépend de la vitesse à laquelle les véhicules peuvent circuler :

Circulation fluide : véhicules peuvent circuler entre 70 et 100 km/h.

Au ralenti : véhicules peuvent circuler entre 20 et 40 km/h en milieu urbain et entre 40 et 70 km/h en milieu rural.

Congestion : véhicules circulent à moins de 20 km/h en milieu urbain et à moins de 40 km/h en milieu rural.

Congestion majeure : congestion non récurrente et plus importante que celle qui se produit normalement.

À éviter : congestion non récurrente, inhabituelle et qui peut durer très longtemps; la situation peut se détériorer et l'exploitant du réseau veut le faire savoir à l'utilisateur pour qu'il change son itinéraire.

La figure 4 montre des exemples de messages sur petits et grands PMV annonçant des conditions de circulation.

Pour décrire les situations où il y a entrave d'une ou de plusieurs voies, les expressions à utiliser sont :

Fermé(e) : utilisé lorsqu'une route ou une sortie est fermée en raison des conditions météorologiques, ou encore lorsqu'un événement crée une entrave complète de la route, nécessitant une fermeture physique de cette dernière et obligeant à dévier la circulation sur une autre artère du réseau.

Bloqué(e) : utilisé lorsqu'un incident ou un accident crée une entrave sur une ou plusieurs voies de circulation.

Barré(e) : employé pour annoncer la fermeture de voies en raison de travaux routiers.

La figure 5 montre des exemples de messages sur petits et grands PMV annonçant des entraves de voies.

Pour signaler les changements de trajet, les principaux termes à employer sont :

Option : indique que l'utilisateur peut emprunter un autre itinéraire pour contourner la zone touchée par les travaux ou la congestion.

Détour : indique que l'utilisateur doit emprunter un autre itinéraire pour contourner la zone touchée par les travaux ou la congestion.

Accès : utilisé pour décrire des situations particulières en relation avec les bretelles d'entrée d'autoroutes.

La figure 6 montre des exemples de messages sur petits et grands PMV annonçant des changements de trajet.

Les unités de temps (mois, jours, heures et minutes) sont utilisées pour faire l'annonce de travaux qui débuteront prochainement, pour spécifier le temps de parcours approximatif nécessaire afin d'effectuer une manœuvre de détour ou pour indiquer approximativement le temps d'attente avant que les conditions de circulation s'améliorent. La figure 7 montre des exemples de messages sur petits et grands PMV annonçant des travaux à l'avance ainsi que des temps de parcours et d'attente.

Les distances sont affichées pour faire connaître l'étendue de la zone problématique (aire de travail, bouchon de circulation, etc.) ou la distance à parcourir avant d'atteindre cette dernière. Elles doivent toujours être écrites en chiffres et suivies du symbole approprié, soit « M » ou « KM », selon le cas. Afin d'éviter toute confusion, les abréviations doivent être évitées lorsque cela est possible. Par contre, les symboles de distance (M et KM), ainsi que le symbole des heures (H) doivent toujours être utilisés. La figure 8 montre des exemples d'utilisation des distances sur de petits et grands PMV.

D'autres abréviations bien connues des usagers de la route sont tolérées lorsqu'il y a des contraintes d'espace, entre autres pour les points cardinaux, les génériques de routes, les jours, les mois et les nombres. Les abréviations doivent évidemment respecter les règles de la langue française. Exceptionnellement, les routes et les autoroutes peuvent être désignées au moyen des symboles R-XXX et A-XXX, où les lettres « X » représentent le numéro de la route ou de l'autoroute. Cette pratique n'est toutefois tolérée que sur les panneaux à messages variables. La figure 9 montre des exemples d'utilisation des abréviations.

PICTOGRAMMES

Les pictogrammes sont utilisés pour faciliter la lecture et la compréhension des signaux routiers parce qu'ils ne demandent pas à l'automobiliste un trop grand effort de lecture ou de mémoire. Lorsqu'une situation est difficile à décrire à l'aide de mots ou qu'il est impossible de le faire dans l'espace disponible sur le PMV, il est préférable d'utiliser des pictogrammes pour remplacer ou compléter le texte.

Plusieurs pictogrammes déjà normalisés ont donc été retravaillés pour être clairement lisibles sur les PMV. Ces pictogrammes sont bien connus des usagers de la route et ne doivent pas être accompagnés de texte donnant la signification du pictogramme. Un pictogramme fait toutefois exception à cette règle, soit le pictogramme « Congestion », qui est typiquement conçu pour une situation à signaler sur les PMV. En conséquence, il doit être utilisé uniquement sur les PMV et il doit toujours être accompagné de l'inscription « Congestion » à la deuxième phase (voir figure 10).

La figure 11 montre d'autres pictogrammes pouvant être utilisés sur les PMV.

CONCLUSIONS ET ACTIONS FUTURES

Depuis quelques années, le MTQ propose des stratégies permettant d'améliorer la gestion de la circulation en fournissant une aide aux déplacements des usagers et en organisant l'information routière à l'aide des panneaux à messages variables (PMV).

L'étude récente déposée au MTQ, réalisée par l'Université de Montréal et intitulée « Optimisation des messages et des graphiques utilisés pour l'information transmise sur les panneaux à messages variables », ainsi que la norme sur les PMV publiée en 2006, ont servi à consolider les actions précédemment entreprises en favorisant l'uniformisation des messages à l'échelle provinciale.

Le MTQ a également mis sur pied, en 2007, un comité permanent qui a pour but d'établir les orientations à privilégier quant au déploiement de nouveaux PMV et à leur gestion à l'échelle du Québec. Plus précisément, cela consiste à :

- Établir un diagnostic en dressant un portrait clair de la situation actuelle et en y relevant les aspects problématiques.
- Établir des priorités d'affichage sur les PMV, en privilégiant les messages liés à la sécurité et à la gestion de la circulation.
- Examiner l'opportunité d'élargir l'utilisation des PMV, notamment par la diffusion de messages issus de campagnes sur la sécurité ou autres campagnes sociétales.
- Définir les stratégies visant à accroître l'efficacité de cette signalisation en considérant notamment la localisation des PMV en regard de l'architecture du réseau routier, l'achalandage et les trajets empruntés (patrons de déplacements ou origine/destination).
- Évaluer la possibilité de centraliser les centres de gestion de circulation, afin d'assurer un meilleur contrôle et une plus grande uniformité des messages transmis sur l'ensemble du réseau routier.
- Parfaire l'approche basée sur une vision des grands axes de circulation que sont les autoroutes 20 et 40, reliant les principaux pôles que sont Montréal et Québec, comme étant intégrés au sein d'un réseau.
- Proposer une stratégie graduelle de mise en œuvre qui pourrait débiter par l'acquisition et le déploiement de PMV mobiles qui seraient utilisés pour faire principalement de la gestion de circulation.
- Proposer une stratégie de gestion des PMV à l'échelle du Québec.
- Élaborer et proposer un plan de mise en œuvre conséquent pour des horizons court, moyen et long termes.

Somme toute, les stratégies d'implantation et de gestion des PMV mises en place par le MTQ ont permis d'améliorer les déplacements des usagers et feront en sorte, dans un avenir rapproché, de transmettre des messages encore plus réalistes et efficaces. Cela permettra sans contredit de diminuer les temps d'attente, les incidents et les accidents, améliorant par le fait même la sécurité des usagers sur l'ensemble du réseau routier québécois.

Références

« Optimisation des messages et des graphiques utilisés pour l'information transmise sur les panneaux à messages variables », Université de Montréal, Jacques Bergeron et Martin Paquette, Septembre 2005.

Tome V - Signalisation routière, Ministère des Transports du Québec, Gouvernement du Québec, mise à jour : décembre 2006.

Tableau 1 – Dimensions des PMV

Type	Caisson		Matrice d'affichage		Écran de contraste
	Hauteur minimale	Largeur	Hauteur minimale	Largeur minimale	Largeur minimale
1- Permanent – Aérien – Autoroutes	3 m	10 m minimum	36 pixels	140 pixels	400 mm ⁽¹⁾
2- Permanent – Aérien – Bretelles et entrées de tunnels	2 m	6,5 m minimum	36 pixels	140 pixels	300 mm ⁽¹⁾
3- Permanent – Latéral – Voies rapides	3 m	6 m minimum	36 pixels	82 pixels	230 mm ⁽²⁾
4- Permanent – Latéral – Milieu urbain	2 m	3,5 m minimum	36 pixels	72 pixels	150 mm ⁽²⁾
5- Mobile	1,4 m	3,5 m maximum	27 pixels	72 pixels	—

1. Pour des PMV de types 1 et 2, la largeur de l'écran de contraste doit être au moins égale à la hauteur minimale d'un caractère sans accent.
2. Pour des PMV de types 3 et 4, la largeur doit être au moins égale à la demi-hauteur minimale d'un caractère sans accent.

Tableau 2 – Distances minimale de visibilité et de lisibilité

Type	Distance minimale de visibilité	Distances minimales de lisibilité
1- Permanent – Aérien – Autoroutes	300 m	de 70 m à 250 m
2- Permanent – Aérien – Bretelles et entrées de tunnels	250 m	de 60 m à 165 m
3- Permanent – Latéral – Voies rapides	300 m	de 70 m à 250 m
4- Permanent – Latéral – Milieu urbain	250 m	de 60 m à 165 m
5- Mobile	250 m	de 60 m à 165 m

Figure 1 – PMV avec bordure rétro réfléchissante de couleur verte



Figure 2 – Installation de repères visuels en amont d'un PMV mobile

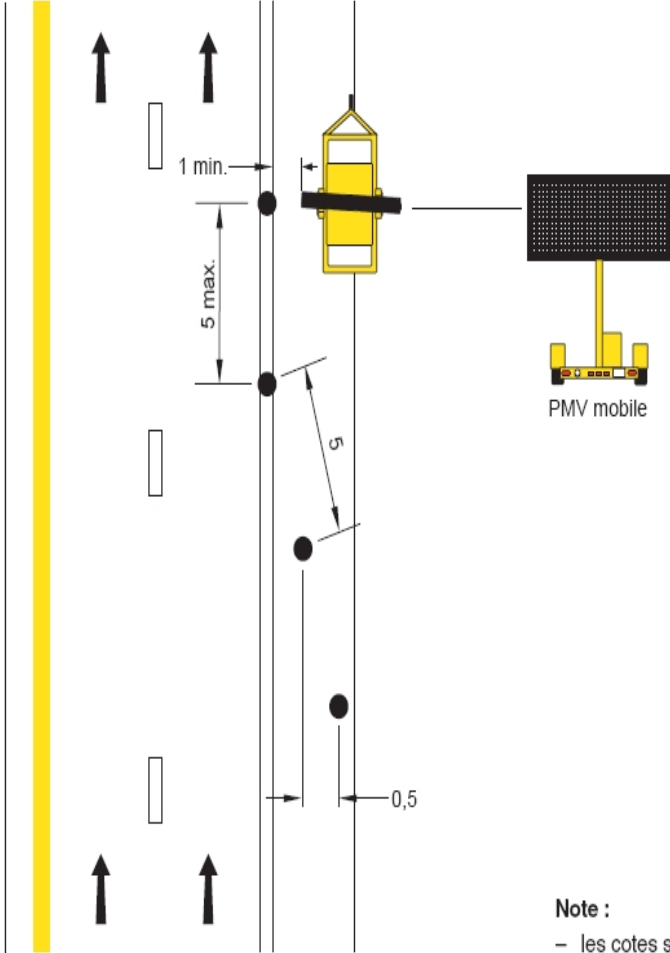


Figure 3 – Dimensions du lettrage et des espacements sur les PMV permanents

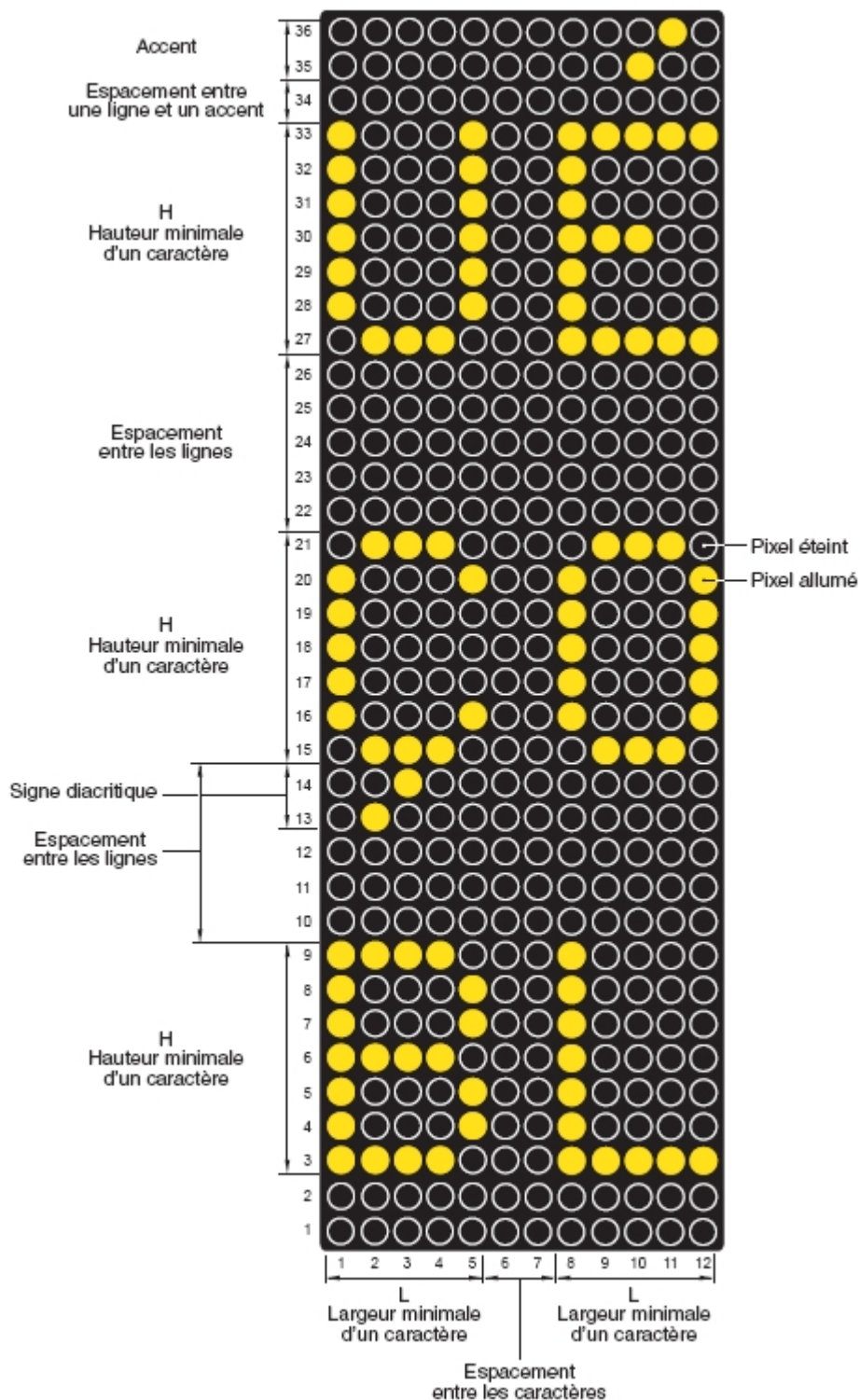


Figure 4 – Exemples de messages annonçant les conditions de circulation



Figure 5 – Exemples de messages annonçant des entraves de voies



Figure 6 – Exemples de messages annonçant des changements de trajet

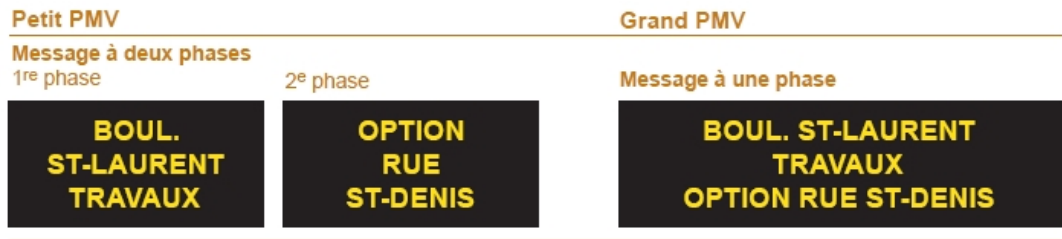


Figure 8.16–10
Exemples d'utilisation du terme «Détour»

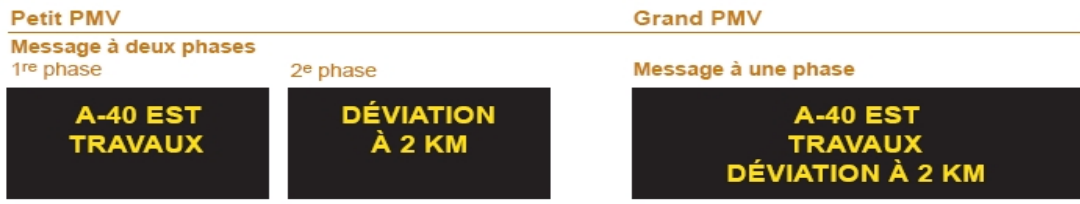


Figure 7 – Exemples de messages annonçant des travaux à l'avance et des temps de parcours et d'attente

Petit PMV		Grand PMV	
Message à deux phases		Message à deux phases	
1 ^{re} phase	2 ^e phase	1 ^{re} phase	2 ^e phase
A-15 SUD TRAVAUX À 2 KM	FILE D'ATTENTE 15 MIN	A-15 SUD TRAVAUX À 2 KM	FILE D'ATTENTE 15 MIN
Message à deux phases		Message à deux phases	
1 ^{re} phase	2 ^e phase	1 ^{re} phase	2 ^e phase
A-40 EST TRAVAUX À 2 KM	CONGESTION 45 MIN	A-40 EST TRAVAUX À 2 KM	CONGESTION 45 MIN
Message à deux phases		Message à une phase	
1 ^{re} phase	2 ^e phase		
PONT ARTHUR-SAUVÉ BARRÉ	JUSQU'À VENDREDI 12 H	PONT ARTHUR-SAUVÉ BARRÉ JUSQU'À VENDREDI 12 H	

Figure 8 – Exemples d'utilisation des distances

Petit PMV		Grand PMV
Message à deux phases		Message à une phase
1 ^{re} phase	2 ^e phase	
A-40 OUEST TRAVAUX	DÉVIATION À 5 KM	A-40 OUEST TRAVAUX DÉVIATION À 5 KM
Message à deux phases		Message à une phase
1 ^{re} phase	2 ^e phase	
A-40 OUEST 1 VOIE OUVERTE	DÉVIATION SUR 500 M	A-40 OUEST 1 VOIE OUVERTE DÉVIATION SUR 500 M

Figure 9 – Exemples d'utilisation des abréviations

Petit PMV		Grand PMV
Message à deux phases		Message à une phase
1 ^{re} phase	2 ^e phase	
AV. PAPINEAU SUD TRAVAUX	1 VOIE OUVERTE	AV. PAPINEAU SUD TRAVAUX 1 VOIE OUVERTE
Message à une phase		Message à une phase
RG LEGAULT TRAVAUX DÉVIATION		RG LEGAULT TRAVAUX DÉVIATION
Message à deux phases		Message à deux phases
1 ^{re} phase	2 ^e phase	1 ^{re} phase
A-15 SUD ÉCH. TURCOT TRAVAUX	1 VOIE OUVERTE VEN À DIM	A-15 SUD ÉCH. TURCOT TRAVAUX
		2 ^e phase
		1 VOIE OUVERTE VEN À DIM

Figure 10 – Utilisation du pictogramme « Congestion »

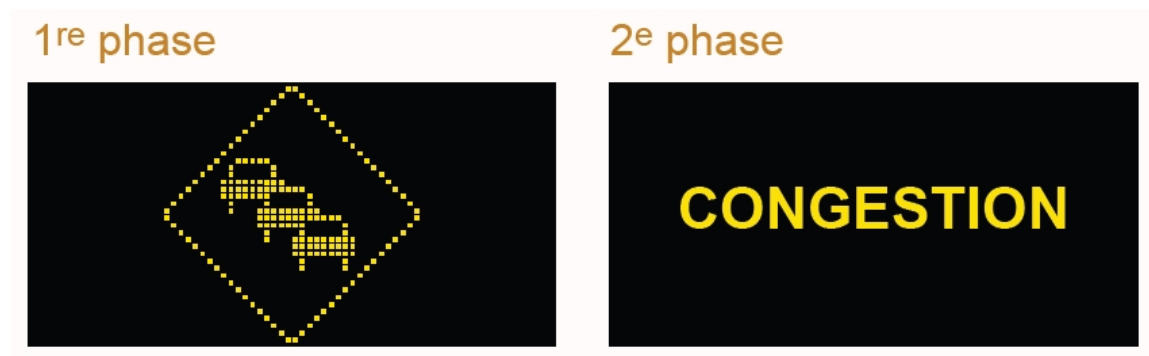
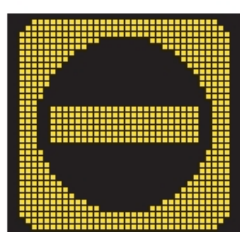


Figure 11 – Exemples de pictogrammes pouvant être utilisés sur les PMV



PMV-P-40
Entrée interdite



PMV-P-130-1
Accès interdit aux camions



PMV-P-130-3
Accès interdit aux
transporteurs de matières
dangereuses



PMV-P-140-1
Interdiction de dépasser



PMV-T-50-1
Présence de travailleurs



PMV-T-D-80
Signal avancé de circulation
à double sens



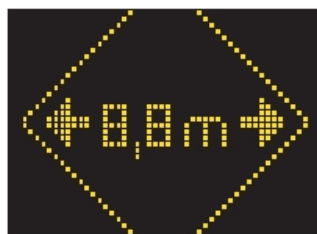
PMV-T-D-90-3
Chaussées séparées



PMV-T-100-1-G
Fusion de 2 voies
à 1 voie (gauche)



PMV-T-D-170-3-D
Intersection



PMV-T-180
Dégagement horizontal



PMV-T-D-200
Passage étroit



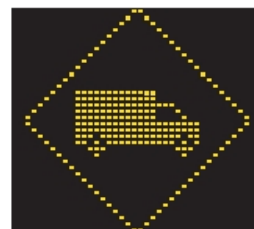
PMV-T-D-210-1
Chaussée rétrécie



PMV-T-D-210-2-G
Chaussée rétrécie



PMV-T-D-210-2-D
Chaussée rétrécie



PMV-T-D-270-11-G
Passage pour camions

