

Sécurisation des configurations des systèmes tramway avec perte de visibilité à distance de freinage



Objet et application :

Conformément au décret 2010-1580 du 17/12/2010 rattachant au STRMTG les bureaux interdépartementaux et départementaux des remontées mécaniques et des transports guidés à partir du 1er janvier 2011, le STRMTG produit des guides et référentiels techniques en liaison avec ses partenaires professionnels.

Le présent document traite de la sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage dans le cadre des systèmes de tramways.

Le présent guide est applicable aux systèmes de transport public guidés de personnes relevant du titre II du décret n° 2008-1307 du 11 décembre 2008 modifiant le décret n°2003-425 du 9 mai 2003 relatif à la sécurité des transports publics guidés.

Élaboration et diffusion :

Il a été élaboré par le groupe de travail national «*Limite de la conduite à vue*» mis en place par le STRMTG. La liste des participants à ce groupe de travail figure dans l'annexe 1.

Ce guide est destiné à l'ensemble des acteurs professionnels du secteur des transports publics guidés urbains de personnes (AOT, Exploitants, Maîtres d'œuvre, bureaux d'études, EOQA, services de contrôle de l'État).

Historique des mises à jour :

<i>N° de version</i>	<i>Date</i>	<i>Nature des versions</i>
Version 1	21/02/2011	Constitution du guide technique à partir des réunions du GT et de ses compte-rendus.

REDACTEUR(S)	VERIFICATEUR(S)	APPROBATEUR
Alexandre DUSSE Laetitia MENETRIEUX Chargés d'affaires Tramways	Michel ARRAS Responsable de la division Tramways	Daniel PFEIFFER Directeur du STRMTG
<i>Signé</i>	<i>Signé</i>	<i>Signé</i>

Coordonnées du service :

Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports guidés (STRMTG)
1461 rue de la piscine
38400 Saint Martin d'Hères
tél. : 33 (0)4 76 63 78 78
fax : 33 (0)4 76 42 39 33
www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 3 / 19

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	4
2. OBJET ET LIMITES DU GUIDE.....	4
2.1. OBJET.....	4
2.2. LIMITES.....	5
2.3. CHAMP D'APPLICATION DU GUIDE.....	5
2.3.1. <i>Systèmes concernés</i>	5
2.3.2. <i>Cas des systèmes en service</i>	5
3. REMARQUES PRÉALABLES.....	6
3.1. DISTANCE DE FREINAGE.....	6
3.2. PRÉCISIONS SUR LES NOTIONS DE VITESSES : DE SÉCURITÉ, TECHNIQUE ET CRÉDIBLE.....	6
3.3. PRINCIPES DE SIGNALISATION PAR RAPPORT AUX VITESSES.....	7
4. ANALYSE DES CONFIGURATIONS.....	8
4.1. LES CONFIGURATIONS AVEC PERTE DE VISIBILITÉ À DISTANCE DE FREINAGE.....	8
4.1.1. <i>Définition</i>	8
4.1.2. <i>Gravité</i>	8
4.2. CHOIX DES CONFIGURATIONS À TRAITER.....	8
4.2.1. <i>Méthodologie adoptée</i>	8
4.2.2. <i>Évènements redoutés</i>	9
4.2.3. <i>Recensement des configurations</i>	9
4.2.4. <i>Les dispositifs d'alerte et d'arrêt</i>	10
4.3. LE TRAITEMENT DES CONFIGURATIONS DANS LE DÉTAIL ET MESURES DE COUVERTURE.....	10
4.3.1. <i>Perte de visibilité à distance de freinage</i>	10
4.3.2. <i>Section courante avec des vitesse supérieures à 80 km/h</i>	11
4.3.3. <i>Perte de visibilité à distance de freinage en fourche, vitesse ≥ 40 km/h</i>	12
4.3.4. <i>Perte de visibilité à distance de freinage en voie unique</i>	12
4.3.5. <i>Fréquence de circulation élevée</i>	13
4.3.6. <i>Croisement sans aiguille</i>	13
5. RÉCAPITULATIF DES CONFIGURATIONS.....	15
ANNEXES.....	17

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	<i>Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage</i>	Page 4 / 19

1. Introduction

La conduite à vue est le principe de base appliqué par le conducteur d'un tramway : il adapte sa vitesse et conditionne son rythme de conduite à ce qu'il voit.

Or, pour certaines configurations, l'application du principe de conduite à vue amène à définir des vitesses incompatibles avec la performance d'exploitation souhaitée du système : il s'agit des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage.

Dans ces cas et pour améliorer cette performance, des dispositifs - généralement de type signalisation ferroviaire, sont mis en place. Mais la sécurité repose également sur le respect des signaux fermés par le conducteur : leur non-respect peut conduire à des événements aux conséquences catastrophiques. La sécurité repose également sur l'information donnée au conducteur par la signalisation et dont le niveau de sécurité doit être adapté au risque par une étude de sécurité.

Dans ce contexte, et pour ces configurations avec perte de visibilité à distance de freinage, le groupe de travail animé par le STRMTG a établi une liste de ces configurations les plus couramment rencontrées puis a caractérisé pour chacune d'elle le risque encouru et la couverture possible de ce risque.

2. Objet et limites du guide

2.1. Objet

Ce guide traite des configurations pour lesquelles la vitesse d'exploitation du tramway ne permet pas au conducteur de disposer de la visibilité à distance de freinage. Ces configurations sont en toute logique équipées de signalisation ferroviaire.

L'objet du présent guide est de proposer pour ces configurations des dispositifs de réduction du risque présenté par le franchissement d'un signal fermé.

A noter toutefois que :

- toute zone de manœuvre n'est pas nécessairement une configuration avec perte de visibilité à distance de freinage;
- toute zone de manœuvre n'est pas nécessairement pourvue de signalisation ferroviaire;
- la présence d'une signalisation ferroviaire ne constitue pas à elle seule la réalité d'une configuration avec perte de visibilité à distance de freinage. L'installation peut correspondre à une volonté ou un besoin de faciliter l'exploitation d'un réseau.

Ainsi, toutes les zones équipées d'une signalisation ferroviaire ne font pas pour autant partie du domaine d'application du guide.

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 5 / 19

2.2. Limites

La portée du présent guide est limitée à la sécurité des personnes transportées (voyageurs et conducteurs) lors d'événements internes au système causés par des erreurs de conduite.

Ces événements internes correspondent aux collisions entre 2 rames par :

- rattrapage,
- nez à nez,
- prise en écharpe.

Le guide est applicable pour les configurations d'exploitation avec voyageurs, hors situations d'exploitation exceptionnelles (travaux, modes dégradés,...).

Les accidents de voirie ne sont pas traités dans ce guide.

Les solutions ou recommandations de sécurité proposées dans ce guide pour les configurations identifiées constituent une base de travail contenant le minimum admissible.

Cette base de travail ne dispensera pas d'analyse de sécurité spécifiques en tant que de besoin et ne remplace pas des études de sécurité nécessaires à la démonstration de sécurité du système de transport exigée par le décret STPG.

Cette identification de solutions techniques constitue des références GAME pour les installations futures. Cependant d'autres équipements pourraient être proposés, dans la mesure où l'équivalence des exigences serait justifiée.

Enfin, les dispositifs mentionnés dans le guide doivent avoir un haut niveau de disponibilité et doivent également être conçus dans le respect des règles de l'art.

2.3. Champ d'application du guide

2.3.1. Systèmes concernés

Les préconisations définies dans le présent guide s'appliquent à tout nouveau système de tramway sur fer ou pneus, ou à toute modification substantielle d'un système existant.

On entend par "nouveau système" tout projet n'ayant pas encore fait l'objet d'une approbation au stade du DPS à la date de publication du présent guide.

Pour les projets n'étant pas encore mis en service et ayant déjà fait l'objet d'une approbation au stade du DPS, les préconisations de ce guide seront prises en compte dans la mesure du possible.

2.3.2. Cas des systèmes en service

Il n'est pas demandé de mise en conformité systématique des systèmes en service.

Toutefois, si des problèmes de sécurité concernant la problématique de la sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage sont mis en évidence, le guide fera référence ou des solutions devront être recherchées avec une étude de sécurité à l'appui.

3. Remarques préalables

3.1. Distance de freinage

La distance de freinage est prise en compte pour définir la perte de visibilité à distance de freinage et se calcule au moyen de la formule suivante.

$$d = \frac{v_0^2}{(2 \cdot a)} + v_0 \cdot t_r$$

d est la distance en mètres.

a est la décélération du véhicule en frein normal de service (FNS) : **a** = 1,2 m/s².

v₀ est la vitesse du tramway, en m/s. Elle devra être crédible vis-à-vis de la configuration de la zone considérée.

t_r = 1,5 s. C'est le temps de réaction homme + machine.

On considère qu'en conduite normale, le conducteur est attentif à ce qui se présente devant lui et qu'il utilise le FNS pour s'arrêter.

On prend donc **t_r** = 1,5s correspondant au temps de réaction machine (norme EN 13452-1) avec 0s de temps de réaction conducteur.

3.2. Précisions sur les notions de vitesses : de sécurité, technique et crédible

La vitesse de sécurité du tramway est la vitesse qui lui permet, sur une zone, de s'arrêter avant un obstacle en utilisant le Frein Normal de Service (FNS).

La vitesse technique est la vitesse de conduite « naturelle » adoptée par un conducteur compte tenu des caractéristiques géométriques de la zone considérée. Ce pourra être par exemple la vitesse de confort en courbe liée à une accélération transversale d'environ 1 m/s². Cette vitesse sera déterminée en arrondissant la vitesse calculée aux 5 km/h supérieurs.

Une limitation de vitesse sur une zone est considérée comme crédible (respectée par les conducteurs) si elle se rapproche de la vitesse technique de la zone.

L'expérience des exploitants montre qu'une limite de vitesse imposée est respectée si elle est considérée comme crédible. Plus la vitesse maximale imposée est abaissée par rapport à la vitesse technique, moins elle sera perçue comme crédible par les conducteurs.

Les mesures empiriques suivantes sont retenues quant à la relation entre vitesse technique et vitesse crédible à dire d'expert :

<i>Vitesse technique</i>	<i>Diminution maximale pour qu'une vitesse imposée soit crédible</i>
> 50 km/h	– 20 km/h
de 30 km/h à 50 km/h	– 15 km/h
de 20 km/h à 30 km/h	– 10 km/h
< 20 km/h	– 5 km/h

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 7 / 19

La réduction systématique de vitesse pour réduire les risques sur les configurations identifiées ne doit pas avoir pour résultat d'imposer une vitesse non crédible.

3.3. Principes de signalisation par rapport aux vitesses

Sur la base des définitions des vitesses ci-dessus :

- ✗ Si la vitesse technique est inférieure ou égale à la vitesse de sécurité alors un panneau de limitation doit être implanté avec pour valeur celle de la vitesse technique.
- ✗ Si la vitesse crédible est inférieure ou égale à la vitesse de sécurité alors un panneau de limitation doit être implanté avec pour valeur celle de la vitesse crédible.
- ✗ Si la vitesse technique est supérieure à la vitesse de sécurité alors il doit être implanté une signalisation selon des seuil(s) de vitesse à définir.

Pour le dernier point, le (ou les) seuil(s) de vitesse est (sont) fonction de la gravité des conséquences d'une collision entre 2 rames causée par le non-respect de la signalisation.

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 8 / 19

4. Analyse des configurations

4.1. Les configurations avec perte de visibilité à distance de freinage

4.1.1. Définition

Les configurations étudiées ici correspondent à une configuration ou une zone de manœuvre dans laquelle la vitesse des tramways est telle que la visibilité réciproque des conducteurs à distance de freinage n'est pas garantie.

Exemples : une voie unique en virage à 40 km/h avec perte de visibilité à distance de freinage à plus de 68,1 mètres ; une section courante parcourue à 100 km/h.

4.1.2. Gravité

Le retour d'expérience disponible aujourd'hui donne des vitesses des collisions entre rames inférieures à 40 km/h. Dans ces cas de collision, les conséquences pour la sécurité des voyageurs et du conducteur sont jugées acceptables, même si les conséquences matérielles peuvent être importantes.

Par ailleurs, le retour d'expérience sur les matériels roulants actuels indique également que le dimensionnement des caisses des matériels roulants est tel que l'espace voyageur ne subit pas de déformation inacceptable lors de chocs à environ 30 km/h.

Ce constat conduit à faire l'hypothèse qu'en deçà d'une vitesse de collision oscillant entre 30 et 40 km/h selon la configuration, la gravité est acceptable. Les cas de perte de visibilité à distance de freinage où les vitesses seraient comprises entre 30 et 40 km/h seront donc traités au cas par cas, selon les configurations.

4.2. Choix des configurations à traiter

4.2.1. Méthodologie adoptée

La réflexion menée a visé à préciser les limites de la conduite à vue, c'est-à-dire déterminer les situations dans lesquelles il n'est pas raisonnable de faire reposer la sécurité des voyageurs par application du seul principe de la conduite à vue à une certaine vitesse souhaitée par l'exploitation et de proposer des solutions techniques complémentaires.

La démarche a donc consisté à recenser les configurations particulières pour lesquelles il a été estimé nécessaire que des dispositions de sécurité minimales soient définies.

La méthode proposée pour aborder le sujet a été la suivante :

- Inventaire des événements redoutés,
- Recensement des configurations,

Pour chaque configuration :

- Détermination du niveau de risque par examen des facteurs occurrence-gravité,
- Évaluation du besoin d'une signalisation complémentaire à la conduite à vue,

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	<i>Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage</i>	Page 9 / 19

- Établissement des mesures de couverture (adaptées au risque) en cas de non-respect par le conducteur de cette signalisation.

La détermination du niveau de risque est évaluée à dire d'expert.

4.2.2. Évènements redoutés

Les événements redoutés correspondant au champ du guide sont les suivants :

- collision entre 2 rames :
 - rattrapage,
 - nez à nez,
 - prise en écharpe ;

4.2.3. Recensement des configurations

- Perte de visibilité à distance de freinage pour $40 \leq v \leq 80$ km/h :
 - que l'on soit en tunnel ou en surface
- Perte de visibilité à distance de freinage pour $v \leq 30$ km/h :
 - que l'on soit en tunnel ou en surface
- Section courante pour $v > 80$ km/h :
 - fréquence élevée
 - fréquence faible
- Perte de visibilité à distance de freinage en fourche pour $v \geq 40$ km/h
- Perte de visibilité à distance de freinage en voie unique :
 - en tunnel et $v > 30$ km/h
 - en surface et $v > 30$ km/h
 - en tunnel et en surface $v \leq 30$ km/h
- Autres configurations avec perte de visibilité à distance de freinage et $v \geq 40$ km/h :
ces autres configurations non listées dans le tableau et dont les vitesses seraient supérieures à 40 km/h, seront traitées au cas par cas, au moyen d'analyses de sécurité.

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 10 / 19

4.2.4. Les dispositifs d'alerte et d'arrêt

Trois niveaux de principe de contrôle de respect de la signalisation sont retenus.

- Alarme PCC (via SAE par exemple)

Pas d'exigence particulière sur le niveau de sécurité mais avec haute disponibilité. Cette remontée d'information permet de connaître l'occurrence des franchissements à tort d'un signal fermé et de la réduire.

- Alarme PCC + alarme sur site (flash + sirène)

Niveau de sécurité alarme sur site équivalent SIL2.

Le nombre et le positionnement des lampes flash seront définis de façon à ce qu'un flash soit toujours visible par le conducteur de tramway ; il en va de même pour la perception des sirènes.

Le retour d'expérience nous montre qu'il est nécessaire de préciser un niveau minimum de luminosité pour les flashes ainsi que sonore pour les sirènes sous la forme d'objectifs à respecter :

- visibilité des flashes a minima dans les directions d'arrivée des conducteurs
- et
- audition claire des sirènes depuis la cabine de conduite

dans toutes les conditions environnementales et météorologiques.

- Alarme PCC + freinage automatique par ouverture d'une boucle de train (DAAT)

Niveau de sécurité du DAAT équivalent SIL2.

4.3. Le traitement des configurations dans le détail et mesures de couverture

Nous rappelons que ce guide s'applique aux configurations équipées de signalisation ferroviaire sans visibilité à distance de freinage.

Chaque cas sera présenté sous la forme suivante :

1. *présentation*
2. *caractérisation du risque*
3. *solution minimale de rattrapage*

4.3.1. Perte de visibilité à distance de freinage

Cette configuration concerne les tronçons de ligne où la visibilité est telle que, par rapport à la vitesse pratiquée, elle ne permet pas de s'arrêter avant une rame en utilisant un freinage normal de service (valeur de décélération de 1,2 m/s² environ, y compris le temps de réaction de l'homme et celui de la machine).

Cette configuration peut correspondre à une courbe, dos d'âne, tunnel,...

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 11 / 19

4.3.1.1. La vitesse est comprise entre 40 et 80 km/h

1. Cas en tunnel ou en surface, avec perte de visibilité à distance de freinage.
2. Un risque d'accident collectif est identifié et considéré comme fort.
3. A minima, une signalisation d'espacement ou d'occupation de zone et un contrôle de franchissement de cette signalisation de type flash et sirène sur site doit être mis en place accompagnés d'une remontée de l'information au PCC.

4.3.1.2. La vitesse est inférieure à 30 km/h

1. Cas en tunnel ou en surface avec perte de visibilité à distance de freinage.
2. Au regard de cette vitesse maximale, le risque est considéré comme faible vis-à-vis du précédent.
3. La signalisation d'espacement est conservée mais le contrôle de franchissement à tort du signal fermé doit permettre une remontée d'alarme au PCC.

4.3.2. Section courante avec des vitesses supérieures à 80 km/h

Le seuil de 80 km/h est la vitesse à partir de laquelle la notion de conduite à vue n'est plus crédible. Une distinction des fréquences faibles et élevées a été retenue pour prendre en compte des temps d'intervalle différents et permettre ainsi une meilleure adaptation aux cas réels. Le contrôle de franchissement dépend de la catégorie de fréquence de la ligne.

Le risque est considéré fort dans les deux cas.

Un système d'espacement des rames est mis en place et cette signalisation d'espacement ou signalisation d'occupation des zones seront traitée en sécurité.

4.3.2.1. Section courante $v > 80$ km/h, fréquence faible

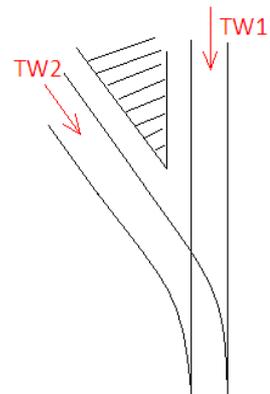
1. Cette fréquence correspond à un intervalle minimum entre deux rames supérieur au temps de parcours de la plus grande inter station présente sur la ligne.
2. Risque fort.
3. Dans cette situation, le contrôle de franchissement de la signalisation doit être composé sur site d'un équipement de flash plus sirène sur site et doit permettre une remontée d'information au PCC.

4.3.2.2. Section courante $v > 80$ km/h, fréquence élevée

1. La fréquence est considérée comme élevée si l'intervalle minimum entre deux rames est inférieur au temps de parcours de la plus grande inter station de la ligne.
2. Risque fort.
3. Le contrôle de franchissement doit permettre l'arrêt de la rame sur le non respect du feu (système DAAT) et doit permettre une remontée d'information au PCC.

4.3.3. Perte de visibilité à distance de freinage en fourche, vitesse ≥ 40 km/h

1. Perte de visibilité comme présenté sur l'illustration ci-contre.
Le tramway TW1 circulant en voie directe peut techniquement pratiquer une vitesse supérieure à 40 km/h.
Un des deux tramways risque d'être pris en écharpe par l'autre tramway en cas de non-respect de la signalisation par l'un d'eux.
2. Risque fort de prise en écharpe.
3. Un contrôle de franchissement de cette signalisation de type flash et sirène sur site doit être mis en place avec une remontée de l'information de franchissement à tort du signal fermé au PCC.



Cette configuration existe sur les réseaux et n'a pas, à ce jour, donné lieu à accident.

A dire d'expert, il n'y a pas lieu d'imposer de DAAT pour rattrapage dans ce cas. Ce point pourra évoluer en fonction du retour d'expérience.

4.3.4. Perte de visibilité à distance de freinage en voie unique

La voie unique visée par ce guide est celle concernée par le cas de perte de visibilité à distance de freinage.

Entre toutes les configurations de perte de visibilité à distance de freinage, la voie unique est le cas où le risque de nez-à-nez est le plus fort.

Les variables principales retenues sont la vitesse et la configuration de la voie unique, selon que la voie est en surface ou en tunnel.

A noter qu'il existe également des cas de voie unique sans perte de visibilité mais où la longueur de celle-ci avec la présence de signalisation ferroviaire induit un comportement « confiant » du conducteur. Il y a des précautions à prendre vis-à-vis du temps de réaction conducteur face à une rame engagée à tort dans une voie unique d'une certaine longueur parcourue à vitesse élevée.

Nous proposons un critère limite de freinage avec $v=70$ km/h, $a=2,8$ m/s² et un temps de réaction homme + machine (FU) = 1,5 + 0,85 secondes : $d=113$ m. Nous proposons comme critère limite deux fois cette longueur, représentant la distance entre deux rames en situation de risque de collision en nez-à-nez : au-delà de 250 mètres, une étude de sécurité devra être établie.

Dans tous les cas, une signalisation d'espacement ou d'occupation de zone doit être implantée. Et le système doit permettre une remontée d'information au PCC.

4.3.4.1. Voie unique en surface, vitesse supérieure à 30 km/h

1. Cas de perte de visibilité à distance de freinage.
2. Risque fort.
3. Cette configuration demande, en plus d'une signalisation d'espacement ou d'occupation de zone remontée au PCC, un dispositif d'avertissement du conducteur en cas de franchissement d'un signal non autorisé, de type lampes flash. Ce dispositif est implanté tout le long du site en voie unique, il doit être visible des deux côtés, pour permettre à une rame

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 13 / 19

arrivant en sens contraire d'avoir également l'information. Ces lampes sont renforcées de chaque côté au niveau du signal d'espacement ou d'occupation par une sirène. Cette dernière sera implantée pour que le conducteur en ait une perception optimale.

4.3.4.2. Voie unique en tunnel, vitesse supérieure à 30 km/h

1. Cas de perte de visibilité à distance de freinage.
2. Risque fort.
3. Dans ce cas, le contrôle de franchissement permet l'arrêt des rames en cas de franchissement d'une signalisation fermée au moyen d'un dispositif d'arrêt automatique des trains après information donnée au conducteur.

4.3.4.3. Voie unique en surface ou en tunnel, vitesse inférieure ou égale à 30 km/h

1. Cas de perte de visibilité à distance de freinage.
2. Risque fort.
3. Cette configuration demande, en plus d'une signalisation d'espacement ou d'occupation de zone remontée au PCC, un dispositif d'avertissement du conducteur en cas de franchissement d'un signal non autorisé, de type lampes flash.
Ce dispositif est implanté tout le long du site en voie unique, il doit être visible des deux côtés pour permettre à une rame arrivant en sens contraire d'avoir également l'information. Ces lampes sont renforcées de chaque côté au niveau du signal d'espacement ou d'occupation par une sirène. Cette dernière sera implantée pour que le conducteur en ait une perception optimale.

4.3.5. Fréquence de circulation élevée

Il est nécessaire de définir un seuil de fréquence de circulation limite. Ce seuil peut se traduire par la détermination d'un espacement minimum entre deux véhicules :

- l'inter-distance entre rames est ainsi généralement définie comme supérieure à 100 mètres, voire 50 mètres dans certaines zones, pour des vitesses comprises entre 20 et 40 km/h
- l'inter-distance peut être l'équivalent d'une longueur de rame, dans le cas d'un SAE donnant des indications d'espace temps avec les rames encadrantes.

Dans ces configurations, le risque est faible, il n'y a pas de dispositif particulier à rajouter, la régulation se faisant par le principe de la conduite à vue.

Les configurations ne respectant pas le cadre ci-dessus devront faire l'objet d'une analyse de sécurité au cas par cas.

4.3.6. Croisement sans aiguille

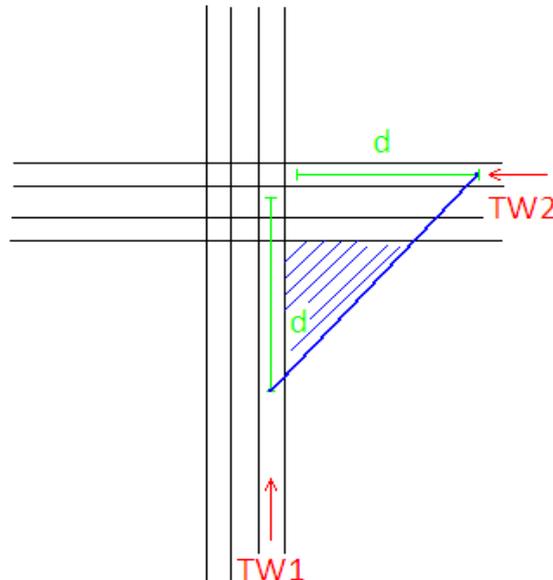
Cette configuration très particulière concerne deux lignes qui se croisent sans inter-connexion possible entre les deux et dont le conducteur n'a pas une visibilité suffisante - perte de visibilité à distance de freinage.

La vitesse technique dans cette configuration est limitée à 15 km/h.

Cette configuration avec perte de visibilité à distance de freinage n'étant pas rencontrée, elle sera traitée au cas par cas.

Après calcul et en supposant les deux rames roulant à la vitesse de 15 km/h à une certaine distance de l'intersection, la distance minimale de visibilité les situent à 8,7 mètres du croisement (FU avec 1,35 secondes de temps de réaction).

Le calcul et la configuration associée montre que si l'obstacle est situé dans un triangle de côtés 4,7 et 8,5 mètres à partir du bord du GLO, le conducteur n'aura pas la visibilité nécessaire pour s'arrêter.



STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage	Page 15 / 19

5. Récapitulatif des configurations

Nous rappelons que le tableau synthétique suivant, établi dans le cadre de ce guide technique, ne constitue qu'une base de travail, contenant le minimum admissible. Il ne dispensera pas d'analyse de sécurité en tant que de besoin.

Le renvoi systématique à des études de sécurité pour définir le niveau de sécurité d'une signalisation n'est pas l'approche retenue. Il est souhaitable, dans une démarche pragmatique, d'avoir un traitement homogène des configurations semblables.

- Les cas "perte de visibilité à distance de freinage" où les vitesses seraient comprises entre 30 et 40 km/h seront traités au cas par cas, selon les configurations.
- Les autres configurations avec perte de visibilité à distance de freinage, non listées dans le tableau et dont les vitesses seraient supérieures à 40 km/h, seront traités au cas par cas, au moyen d'analyse de sécurité.
- Tous les cas présentés sont bien identifiés pour des situations en mode nominal et non dégradé. Pour ce dernier cas, l'exploitant adoptera des consignes particulières.

Guide Config perte de visu à distance de freinage V_02_2011
Tableau récapitulatif des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage

Configurations étudiées			Caractérisation du risque	Signalisation complémentaire à la conduite à vue		Observations	
Type		V exploitation		Nature signalisation (0)	Type contrôle franchissement		
Perte de visu à distance de freinage (1)	En tunnel ou en surface	≥ 40 km/h et	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
		≤ 80 km/h			Flash et sirène sur site (3)		Équivalent SIL 2 (5)
Perte de visu à distance de freinage (1)	En tunnel ou en surface	≤ 30 km/h	Faible	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
Section courante	Fréquence élevée (4)	> 80 km/h	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					DAAT avec information au conducteur		Équivalent SIL 2 (5)
Section courante	Fréquence faible	> 80 km/h	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					Flash et sirène sur site (3)		Équivalent SIL 2 (5)
Perte de visu à distance de freinage en fourche		≥ 40 km/h	Fort	Signalisation ferroviaire lumineuse	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					Flash et sirène sur site (3)		Équivalent SIL 2 (5)
Perte de visu à distance de freinage (1) - Voie unique	En tunnel	> 30 km/h	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					DAAT avec information au conducteur		Équivalent SIL 2 (5)
Perte de visu à distance de freinage (1) – Voie unique	En surface	> 30 km/h	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					Flash sur tout le parcours, dans les 2 sens et sirène sur site (3)		Équivalent SIL 2 (5)
Perte de visu à distance de freinage (1) – Voie unique	En tunnel ou en surface	≤ 30 km/h	Fort	Signalisation d'espacement ou Signalisation d'occupation de zone	Alarme PCC (2)	Haute disponibilité	
					Flash sur tout le parcours, dans les 2 sens et sirène sur site (3)		Équivalent SIL 2 (5)
Autres configurations avec perte de visu à dist. de freinage		≥ 40 km/h					Cas par cas

(0) Quelque soit la nature de la signalisation, les fonctions de sécurité doivent être d'un niveau de sécurité le plus élevé possible, c'est-à-dire soit conçue en sécurité intrinsèque soit de niveau SIL4 au sens de la norme EN 50129

(1) Cette configuration recouvre d'une façon générale toutes les pertes de tracé : tunnel, dos d'âne, courbe, cuvette, etc.
La décélération prise en compte est de 1,2 m/s² y compris le temps de réaction homme+machine.

(2) Tout franchissement au rouge d'un feu ferroviaire doit déclencher une alarme au PCC. Cette alarme consiste en une information sonore et/ou lumineuse dont l'enregistrement, sous quelque forme que se soit, permet un traitement ultérieur.
Elle ne préjuge en rien de ce traitement ni de l'action de l'exploitant qui en découlent.

(3) Le nombre des lampes flash, leur positionnement et leur longueur d'implantation seront définis au cas par cas selon la configuration du site.
La sirène sera positionnée pour une perception optimale du conducteur.

(4) La fréquence sera considérée comme élevée si l'intervalle entre 2 trains est ≤ au temps de parcours de la plus grande inter-station.

•Annexes

ANNEXE 1. Liste des membres du groupe de travail.....	17
ANNEXE 2. Recensement des configurations.....	18
ANNEXE 3. Glossaire.....	19

ANNEXE 1. Liste des membres du groupe de travail

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Société</i>
BIRON	Nathalie	CAR
DEMMERLE	Eliane	TRANSAMO
DUQUENNE	Nathalie	INRETS / ESTAS
HUYNH	Sylvia	SYSTRA
LEZY	Lucile	CONNEX Bordeaux
AKDIM	Kamal	DREIF
AMSELLEM	Yves	SEMALY
ARRAS	Michel	STRMTG
BABIN	Réginald	GART
BERTOIS	Thomas	DDE du Doubs / BIRMTG
BONNEAU	Xavier	SYTRAL
BOUYX	Patrice	RTM tramway
BURBAN	Alexandre	CAR
CHEVALIER	Eric	Nantes Métropole
DURANEL	Richard	Communauté Urbaine de Lille
DUSSERRE	Alexandre	STRMTG
GIRAUD	Alain	TAM
GUILLAUME	Ludovic	CONNEX Rouen
QUERE	Alain	KEOLIS Lyon
SENEZE	Jean-Jacques	RATP/Département Bus

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1 du 19/11/2010
	<i>Sécurisation des configurations avec perte de visibilité à distance de freinage</i>	Page 18 / 19

ANNEXE 2. Recensement des configurations

Caractérisation des risques

Facteurs aggravants

- vitesse,
- résistance au choc du matériel roulant,
- ergonomie intérieure du matériel roulant,
- forme frontale du matériel roulant,
- véhicules différents sur des mêmes lignes,
- performances de freinage.

Facteurs impactant l'occurrence

- fréquence,
- charge cognitive du conducteur,
- manque dans le contrôle interne : la non connaissance des franchissements de feux,
- lecture et analyse de la signalisation non spontanée (par exemple : juxtaposition de signalisations routière et ferroviaire contradictoires),
- phénomène d'accoutumance ou d'habitude.

Les modes dégradés, bien que faisant partie des facteurs impactant l'occurrence, ne sont pas pris en compte.

En effet, ce guide ne s'est intéressé qu'au fonctionnement en mode nominal. Les modes dégradés seront gérés à part, au cas par cas, et par l'exploitant.

ANNEXE 3. Glossaire

Voir Guide d'application du STRMTG.

DAAT : dispositif d'arrêt automatique des trains

Signalisation d'espace : signalisation permettant de gérer les risques de rattrapage.

Signalisation d'occupation de zone : signalisation permettant de gérer tout type de conflit entre rames.

SIL : Safety Integrity Level : Niveau d'intégrité de sécurité (équivalence SIL2 = au sens de la norme EN 50 129)

Vitesse de sécurité : la vitesse qui permet, sur une zone, de s'arrêter avant un obstacle en utilisant le FNS.

Vitesse technique : la vitesse de conduite « naturelle » adoptée par un conducteur compte tenu des caractéristiques géométriques de la zone considérée ; ce pourra être par exemple la vitesse de confort en courbe liée à une accélération transversale d'environ 1 m/s². Cette vitesse sera déterminée en arrondissant la vitesse calculée aux 5 km/h supérieurs.

Vitesse crédible : une limitation de vitesse sur une zone est considérée comme crédible (respectée par les conducteurs) si elle se rapproche de la vitesse technique de la zone.

Vitesses pratiquées : ces vitesses pour les zones de manœuvre sont indicatives de la valeur moyenne pratiquée des réseaux.

Zones de manœuvre :

◆ terminus	10 à 20 km/h
◆ fourches déviées	15 km/h
◆ fourches droit	non limitée
◆ communications de voie déviées	15 km/h
◆ communications de rebroussement	15 km/h
◆ croisements	15 km/h
◆ insertions, jonctions	15 km/h