

## *Insertion urbaine des transports collectifs de surface*

# Tramway et visibilité : méthodes et outils

*La série de fiches « insertion urbaine des transports collectifs de surface » traite des questions d'aménagement de voirie et de signalisation routière liées à l'interface entre ces systèmes de transport et les autres usages de l'espace public.*

La visibilité est un paramètre essentiel de l'anticipation de la gestion des conflits dans le cadre de la conduite d'un tramway (principe de conduite à vue), notamment entre tramway et tiers, et ce y compris en présence de signalisation lumineuse.

Ce document propose une méthode de détermination des conditions de visibilité minimale à réunir (définition de cônes de visibilité) contribuant à réduire le risque d'accidents entre tramway et tiers, selon le type de conflit et ses modalités de gestion. Il traite également de la visibilité sur les signaux destinés à la conduite des tramways.

Il s'adresse aux maîtres d'ouvrage, aux praticiens de l'aménagement urbain (maîtres d'œuvre, gestionnaires de voirie et d'espaces verts, concepteurs, architectes, urbanistes, paysagistes, etc.), ainsi qu'aux exploitants de lignes de tramways.

Il est accompagné d'un outil de type tableur permettant le calcul des cônes de visibilité pour chaque configuration présentée, paramétrable avec les caractéristiques géométriques de la situation à modéliser.

IUTCS



Fiche n° 04 - septembre 2018

# 1. Objectifs et domaine d'application

## 1.1 Enjeux

La visibilité est un élément clé de l'application du principe de la conduite à vue en tramway. Différents types de masques à la visibilité peuvent être rencontrés le long d'une ligne de tramway, comme l'a mis en évidence la fiche IUTCS n° 1 « Tramway et visibilité : enjeux et règles existantes ».

De façon à les prévenir ou les supprimer, il est important de pouvoir déterminer précisément les espaces devant être libres de tout masque suivant les configurations rencontrées afin d'organiser le principe de conduite à vue en sécurité au niveau des principales zones de conflit avec les tiers. La présente fiche propose ainsi des principes et hypothèses de détermination de cônes de visibilité, dont les paramètres varient suivant les modalités de gestion des traversées de la plateforme et les usagers concernés.

L'objectif est double :

**Identifier**, dans le cadre des projets, les situations à risques, c'est-à-dire aux conditions de visibilité réduites, nécessitant de se réinterroger sur les émergences prévues en amont des traversées, voire de reconsidérer les modalités de gestion des conflits (par exemple recours à la signalisation lumineuse en cas de masques in-déplaçables type bâti) ;

**Objectiver**, sur les réseaux existants, l'identification des traversées de plateforme où la visibilité est particulièrement réduite et accompagner la définition d'actions d'amélioration (maîtrise de la végétation, suppression d'émergences, renforcement de la signalisation, etc.).

## 1.2 Champ d'application

Cette fiche s'applique aux systèmes de transport guidés urbains appliquant le principe de conduite à vue (tramway, tram-train en partie urbaine). Par souci de simplification, seul le terme tramway sera utilisé pour désigner dans la suite de la fiche l'ensemble des systèmes concernés.

Le raisonnement peut par ailleurs être adapté aux systèmes de bus à haut niveau de service (BHNS) conçus et exploités comme le tramway, en tenant compte des spécificités des différents modes concernant les règles de priorité.

L'ensemble des usagers de la voirie est pris en compte, en distinguant le cas des piétons, des cyclistes et des véhicules motorisés. La visibilité sur les signaux lumineux destinés au tramway est également abordée.

**Bien qu'elle soit explicitée ici dans le cas des intersections routières, traversées cycles et traversées piétonnes organisées, la méthode de détermination des cônes de visibilité est transposable à l'ensemble du tracé d'une ligne de tramway ; c'est en particulier le cas des entrées/sorties riveraines.**

L'absence de dégagement du cône de visibilité (exemple : masque indéplaçable type bâti) n'est acceptable que moyennant une limitation de la vitesse pour le tramway à 30 km/h au maximum par consigne et une justification de l'impossibilité de supprimer ou déplacer la traversée.



Photo1 : La présence de bâti limite fortement la possibilité de dégagement de cônes de visibilité en site contraint

## 2. Définitions et principes directeurs

### 2.1 Définitions

Dans la présente fiche, sont considérées comme potentiels masques à la visibilité, **les émergences de plus de 0,60 m de haut par rapport au sol**. Cette valeur, prise en cohérence avec le guide Certu Carrefours urbains de 2010, permet de garantir la visibilité sur la tête d'un enfant, un usager en fauteuil roulant ou le capot d'un véhicule.



Photo 2 : Séparateur végétal dont la hauteur ne compromet pas la visibilité en amont de la traversée piétons/cycles

La présence d'émergences ponctuelles dans le cône de visibilité peut être acceptable après analyse, en fonction de leur emplacement et de leur épaisseur (à apprécier au cas par cas). Une attention particulière doit être apportée aux alignements d'arbres, aux barrières ajourées et autres obstacles répétitifs qui forment un effet « mur » en dynamique : l'objectif est de ne pas altérer la visibilité entre un tramway et un usager tiers, notamment piéton ou cycliste.

La visibilité devant être assurée pour chaque sens de circulation du tramway et chaque sens de traversée par un tiers, **quatre cônes de visibilité sont à déterminer pour chaque traversée et pour chaque type de tiers**.



Photo 3 : Masque créé en dynamique par une barrière ajourée

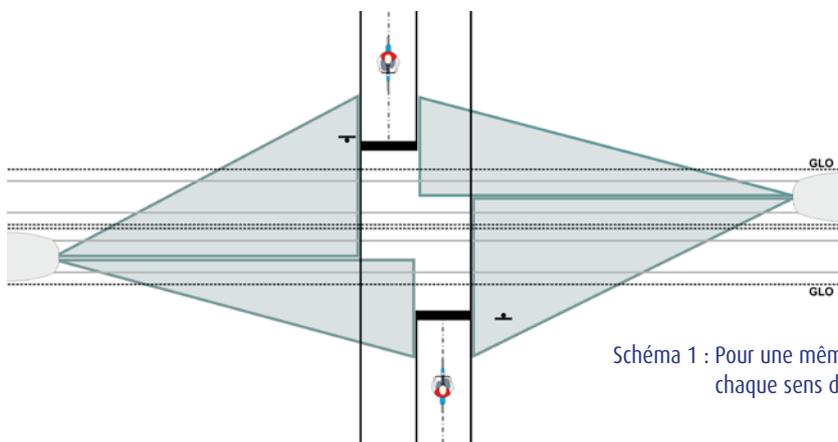


Schéma 1 : Pour une même traversée, la visibilité doit être dégagée pour chaque sens de circulation du tiers et du tramway

**Nota :** Dans un souci de lisibilité des schémas suivants, un seul cône est généralement représenté sur ceux-ci.

## 2.2 Principes directeurs

Les hypothèses prises en compte pour le calcul des dimensions du cône de visibilité varient selon les modalités de gestion de l'intersection et le type de tiers.

### 2.2.1 Traversée non gérée

**En l'absence de signalisation lumineuse**, le tramway est prioritaire sur les autres usagers de la voirie (cf. articles R110-2 et R422-3 du code de la route). Ainsi, tout usager doit pouvoir traverser sans gêner un tramway en approche, étant considéré que celui-ci n'a pas à freiner afin de garantir le niveau de performance attendu. La distance de visibilité minimale correspond donc à celle parcourue par le tramway à vitesse nominale pendant que l'utilisateur traverse et dégage la zone de conflit de la voie sur laquelle circule le tramway.

Dans cette configuration, la détermination des cônes de visibilité repose alors sur :

- le positionnement de l'œil des tiers à leur point normal de prise de décision ;
- leur vitesse de traversée ;
- la distance à parcourir pour dégager la zone de conflit ;
- la vitesse de circulation du tramway.

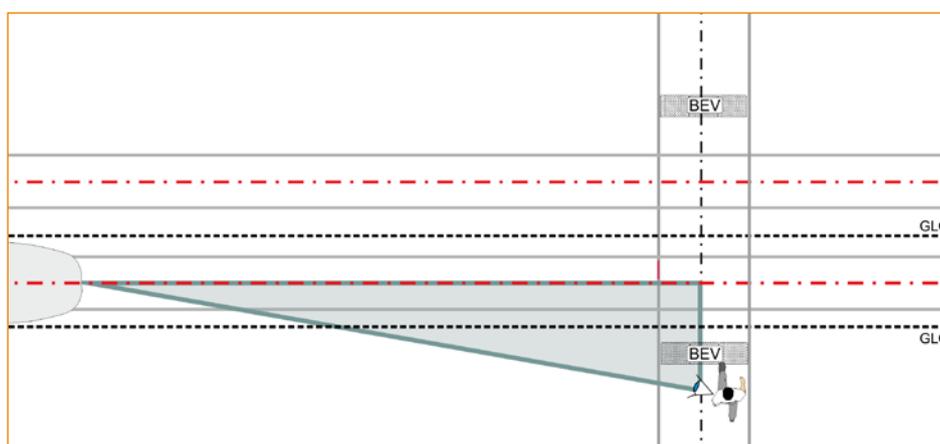


Schéma 2 : Exemple de dégagement de la visibilité pour une traversée piétonne non gérée

### 2.2.2 Traversée gérée

**En présence de signalisation lumineuse**, la priorité de passage est déterminée par l'état de celle-ci. Cependant, il convient de dégager a minima la visibilité pour que le conducteur de tramway puisse appréhender l'éventualité d'un usager ne respectant pas la signalisation et réagir en conséquence.

Le franchissement d'un feu rouge par un usager étant considéré comme un événement imprévisible et inhabituel, le freinage à considérer pour le tramway est alors le freinage d'urgence.

Dans cette configuration, la détermination du cône de visibilité repose alors sur :

- le positionnement de l'œil du conducteur tramway<sup>1</sup> ;
- la position du tiers à son point normal d'arrêt par rapport à la signalisation lumineuse ;
- la distance d'arrêt en freinage d'urgence du matériel roulant (fonction de la vitesse de circulation du tramway).

<sup>1</sup> En général, l'œil du conducteur du tramway est positionné dans l'axe de la voie sur laquelle il circule, mais il convient de prendre en compte le cas des postes de conduite décalés.

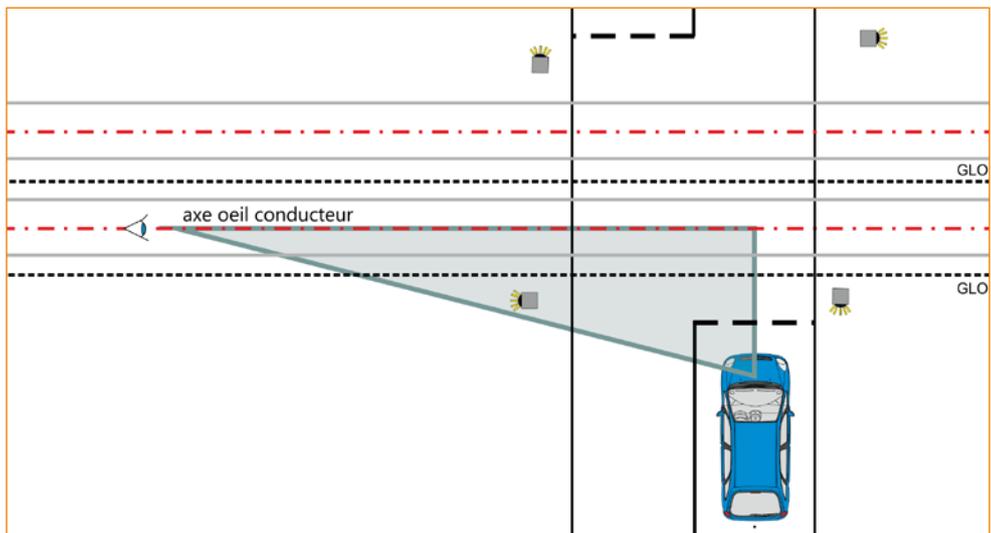


Schéma 3 : Exemple de dégagement de la visibilité pour une traversée automobile gérée par signalisation lumineuse

### 2.2.3 Visibilité sur les signaux

La visibilité sur les signaux lumineux destinés au conducteur tramway doit lui permettre de s'arrêter dans des conditions de confort satisfaisantes pour les passagers, en freinage de service, en cas de passage du R17/18 à la barre horizontale. Le conducteur doit avoir la visibilité sur l'ensemble du signal, SAC compris le cas échéant.

Dans cette configuration, la détermination du cône de visibilité repose alors sur :

- le positionnement de l'œil du conducteur tramway,
- celui du signal à voir,
- la distance d'arrêt en freinage maximal de service du matériel roulant (fonction de la vitesse de circulation du tramway).

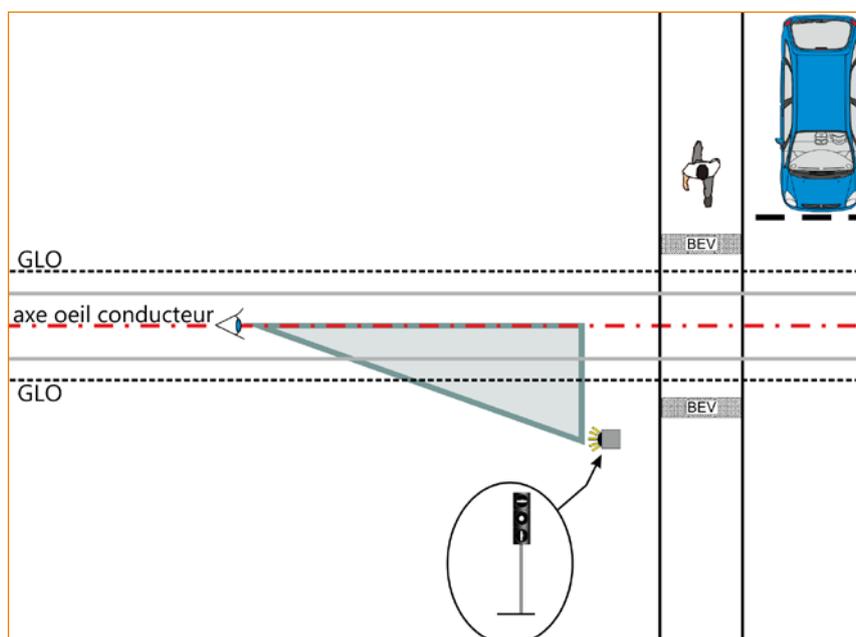


Schéma 4 : Dégagement de la visibilité sur les signaux pour le conducteur tramway

## 2.2.4 Détermination de la zone devant être libre de tout masque

À partir d'un cône de visibilité calculé grâce aux paramètres définis aux paragraphes 2.2.1, 2.2.2 et 2.2.3, de hauteur **h1** et de base **b1**, on peut déterminer la zone correspondante bordant la voie qui doit effectivement être libre de masque (elle correspond à la partie du cône située hors du GLO) : la base de cette zone correspond à la distance entre le bord extérieur de la base du cône et la limite du GLO (**b2**). **Elle dépend du positionnement des usagers à leur point normal d'arrêt, laquelle diffère suivant le type de tiers.**

On en déduit la hauteur (**h2**) par homothétie, en y appliquant le rapport de la hauteur (**h1**) du cône à sa base (**b1**).

$$h2 = \frac{(b2 * h1)}{b1}$$

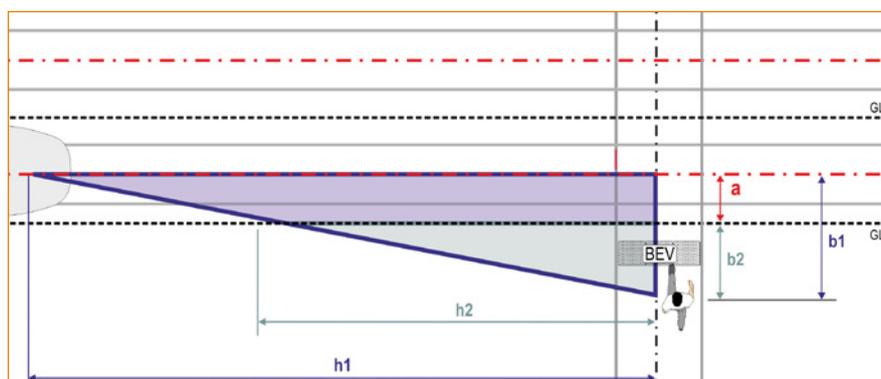


Schéma 5 : Déduction de la zone libre de masque à partir du cône de visibilité

## 3. Détermination des cônes de visibilité

### 3.1 Cas de traversée de plateforme tramway non gérée par signalisation lumineuse

La visibilité à garantir est celle de l'utilisateur tiers sur l'avant du tramway, lui permettant de décider s'il peut traverser sans gêner la progression d'un tramway en approche (cf. schéma 5 ci-contre) :

- la **base** du cône de visibilité (**b1**) correspond à la distance entre la position de l'œil du tiers et l'axe de la voie du tramway. Cette distance est obtenue en sommant la distance entre le bord extérieur de la base du cône et la limite du GLO (**b2**) et la distance **a** du bord du GLO à l'axe de la voie tramway concernée (**b1 = b2 + a**).
- la **hauteur** du cône (**h1**) correspond à la distance parcourue par le tramway à vitesse nominale<sup>2</sup> pendant le temps mis par l'utilisateur pour dégager la zone de conflit de la voie sur laquelle circule le tramway concerné **à partir de sa position initiale**.

Par rapport à un tramway venant de la voie la plus proche (généralement la voie de gauche), la zone de conflit correspond au GLO de cette seule voie (**D<sub>GLO</sub>**).

Par rapport à un tramway arrivant de la voie la plus éloignée, il faut considérer le GLO des deux voies, surlargeur entre voies éventuelle incluse.

On considère que l'utilisateur se situe dans l'axe de la voie qu'il emprunte (voirie routière/piste cyclable/cheminement piéton).

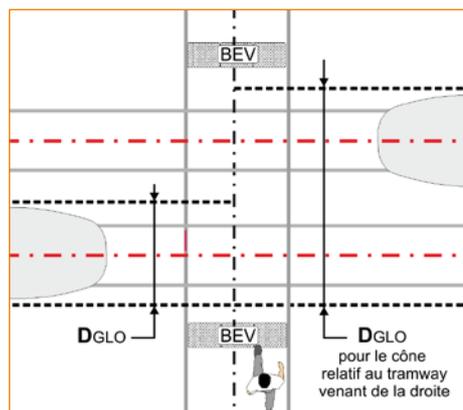


Schéma 6 : Zones de conflit selon le sens de circulation du tramway (cas du piéton)

#### 3.1.1 Cas d'une traversée piétonne

Toute traversée piétonne doit être équipée d'une bande d'éveil de vigilance (BEV) afin de la rendre détectable par les personnes aveugles et malvoyantes (PAM) selon l'arrêté du 15 janvier 2007. Les dimensions et l'implantation d'une BEV sont normalisées (NF P98-351) :

- largeur de 587,5 mm de la BEV ;
- distance de 500 mm entre le nez de bordure de trottoir et la ligne de plots de la BEV la plus proche.

L'observation sur le terrain montre que les piétons se positionnent en général sur la BEV ou immédiatement en retrait de celle-ci.

En intégrant la carrure du piéton, on peut ainsi considérer que son œil est à positionner à **1,5 m du nez de bordure de trottoir (assimilé au GLO)**, c'est-à-dire **b2 = 1,5 m**.

**Nota :** dans le cas où il existe un refuge entre les deux voies tramway, on considère que le point de décision du piéton est à prendre au niveau de ce refuge.

Le temps de dégagement de la zone de conflit par rapport au point de décision est calculé en divisant la distance totale à parcourir par le piéton (somme de la longueur de la zone de conflit - cf. introduction du §3.1 - et de la distance **b2**) par sa vitesse de traversée (**v<sub>piéton</sub>**), prise par convention égale à 1m/s (même valeur que pour les traversées gérées par feux).

<sup>2</sup> La vitesse nominale de circulation du tramway (**v<sub>tw</sub>**) est celle sur la section considérée, fixée par consigne ou par tableau indicateur de vitesse (TIV) sur site. Cette valeur doit être cohérente avec la marche type du tramway.

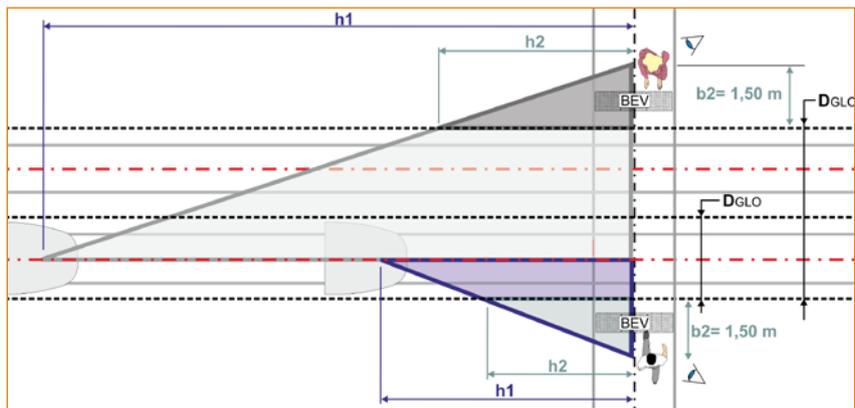


Schéma 7 : Cônes de visibilité pour une traversée piétonne non gérée

Avec une vitesse du tramway ( $v_{tw}$ ) exprimée en m/s, on appliquera donc la formule suivante pour le tramway venant de la voie la plus proche :

$$h1 = \frac{v_{tw} * (D_{GLO} + b2)}{v_{pieton}}$$

### 3.1.2 Cas d'une traversée cycle

- Cas A - La traversée cycle s'effectue avec les véhicules routiers

Le cône dimensionnant à calculer sera celui défini au paragraphe 3.1.3 ci-après.

- Cas B - La traversée cycle est contiguë à une traversée piétonne

Le calcul s'effectue alors suivant les mêmes principes que pour les piétons, en considérant que le cycliste s'arrête au niveau de la BEV, c'est-à-dire **b2 = 1,5 m**.

- Cas C - La traversée par les cyclistes est aménagée de façon spécifique (cas de la piste cyclable par exemple)

Dans sa traversée, le cycliste cherchera à prendre une information en amont lui permettant de ne pas s'arrêter au niveau de la traversée s'il ne détecte pas de risque potentiel : son point de décision se situe plus loin du GLO que celui du piéton. Cependant, une visibilité trop large pourrait inciter à une prise de vitesse.

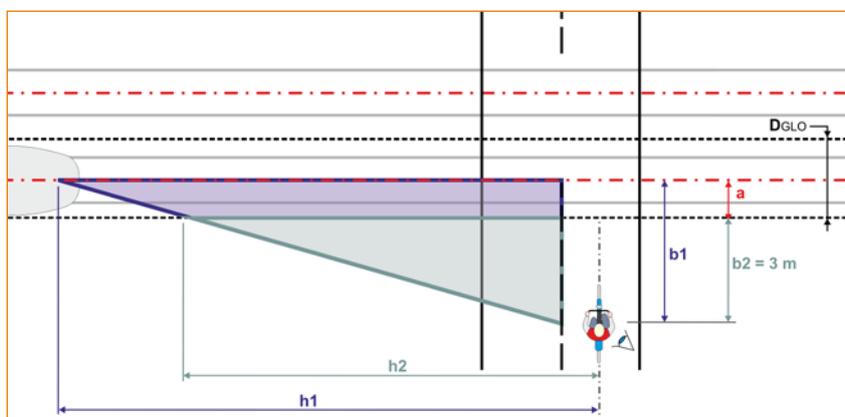


Schéma 8 : Cône de visibilité pour une traversée cycle non gérée

On considère donc que l'œil du cycliste se situe à **3 m de la bordure de la plateforme (assimilée au GLO)**, c'est-à-dire **b2 = 3 m**.

Le temps de dégagement de la zone de conflit par rapport au point de décision est calculé en divisant la distance totale à parcourir par le cycliste (somme de la longueur de la zone de conflit - cf. introduction du §3.1 - et de la distance **b2**) par sa vitesse de traversée ( $v_{cycliste}$ ), prise par convention égale à 5 m/s (même valeur que pour les traversées gérées par feux).

Avec une vitesse du tramway ( $v_{tw}$ ) exprimée en m/s, on appliquera donc la formule suivante pour le tramway venant de la voie la plus proche :

$$h1 = \frac{v_{tw} * (D_{GLO} + b2)}{v_{cycliste}}$$

### 3.1.3 Cas d'une traversée automobile

Les intersections avec tramway présentant un trafic faible peuvent ne pas être gérées par signalisation lumineuse, sous réserve d'une visibilité suffisante. La détermination des cônes de visibilité permettra de confirmer ce choix du mode de gestion, en vérifiant que la visibilité est effectivement suffisante.

Bien que le tramway soit prioritaire, il est alors recommandé d'implanter de la signalisation statique (AB3a cédez le passage ou AB4 STOP) accompagnée du marquage réglementaire pour gérer les conflits entre celui-ci et les véhicules routiers.

La position du véhicule par rapport au GLO dépend de la présence ou non de cette signalisation statique et du marquage qui lui est associé (bande Stop ou ligne de « Cédez le passage »). Pour tenir compte de la position de l'œil du conducteur par rapport à celle du nez du véhicule, on ajoutera 2,5 m, correspondant au recul moyen du poste de conduite observé pour des véhicules légers.

#### ■ Cas A - Présence d'un marquage au sol (bande STOP ou ligne de Cédez le passage)

On considère que le conducteur arrête son véhicule au droit du marquage : il faut donc **ajouter aux 2,5 m de recul du conducteur la distance f** qui représente la distance entre ce marquage et le bord du GLO pour obtenir la distance **b2**.

Cette distance **f** aura cependant **une valeur maximale de 1,5 m par rapport au GLO**<sup>3</sup>, car au-delà le positionnement de l'automobiliste serait supérieur à 4 m, ce qui n'est pas réaliste.

**Nota :** Si la plateforme tramway est implantée en configuration axiale, le positionnement éloigné du marquage conduira nécessairement à prendre en compte la valeur maximale de 1,5 m par rapport au GLO pour **f**.

Ainsi, si **f < 1,50 m** alors **b2 = 2,5 + f**, sinon **b2 = 4 m**.

Le temps de dégagement de la zone de conflit par rapport au point de décision est calculé en divisant la distance totale à parcourir par le véhicule routier (somme de la longueur de la zone de conflit, de la longueur totale du véhicule prise égale à 4m et de la distance **f** le cas échéant) par sa vitesse, prise par convention égale à 10 m/s (comme pour les traversées gérées par feux).

Afin de prendre en compte le temps de décision du conducteur du véhicule automobile de traverser, ainsi que sa phase d'accélération, le temps de dégagement de la zone de conflit à partir du point de décision est augmenté de 4 secondes<sup>4</sup>.

3 Il est préconisé de manière générale un recul du marquage par rapport au GLO afin de se prémunir des engagements de GLO par des véhicules qui « glissent » le STOP ou dépassent le marquage.

4 Valeur empirique à dire d'experts, retenue par le groupe de travail.

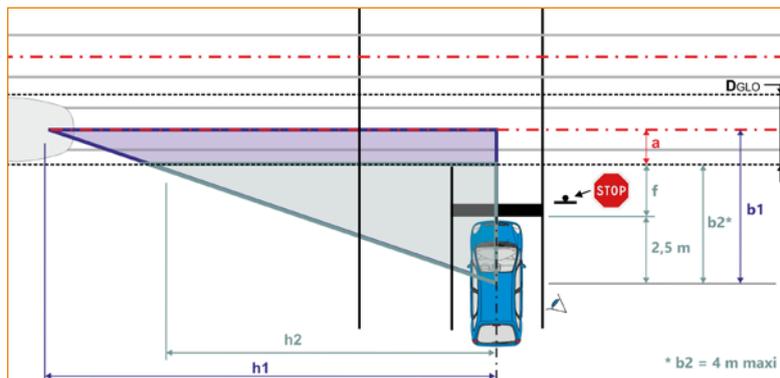


Schéma 9 : Cône de visibilité pour une traversée automobile avec signalisation statique

Avec une vitesse du tramway ( $v_{tw}$ ) exprimée en m/s, on appliquera donc la formule suivante pour le tramway venant de la voie la plus proche :

$$h1 = v_{tw} * \left( \frac{(D_{GLO} + 4 + f)}{v_{VL}} + 4 \right)$$

■ **Cas B** - Absence de marquage au sol

On considère que le véhicule s'arrête au GLO : l'œil du conducteur **se situe à 2,5 m du GLO**, c'est-à-dire **b2 = 2,5 m**.

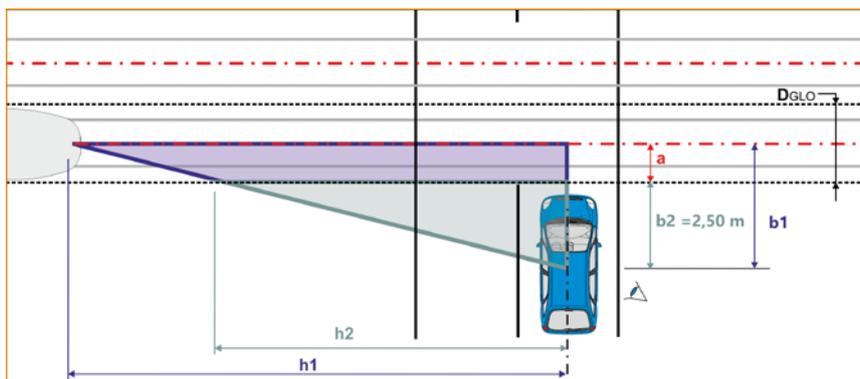


Schéma 10 : Cône de visibilité pour une traversée automobile sans signalisation statique

### 3.2 Cas de traversées de plateforme tramway gérées par signalisation lumineuse

Afin de renforcer la priorité du tramway et sécuriser les conflits, une signalisation lumineuse est souvent mise en œuvre afin de gérer les traversées de plateforme tramway. Cela peut également être fait en cas de mauvaise visibilité. Cependant, il convient de dégager a minima la visibilité de façon à ce que le conducteur de tramway puisse appréhender le risque d'un usager ne respectant pas la signalisation.

**Les cônes de visibilité doivent donc permettre au conducteur tramway de détecter la présence d'un usager à son point normal d'arrêt pour le respect de la signalisation lumineuse, à une distance lui permettant de s'arrêter avant la zone de conflit** en appliquant un freinage d'urgence en cas de non-respect du signal rouge par le tiers :

- la base du cône de visibilité **b1** correspond à la distance entre une ligne parallèle aux rails passant par l'œil du conducteur du tramway et la position normale d'arrêt du tiers au feu gérant la traversée. Cette distance est obtenue en sommant la distance entre le bord extérieur de la base du cône et la limite du GLO (**b2**) et la distance **a** du bord du GLO à l'axe du poste de conduite du conducteur du tramway (**b1 = b2 + a**).
- sa hauteur **h1** est la distance entre l'œil du conducteur du tramway et l'axe de la voie empruntée par l'usager (voirie routière/piste cyclable/cheminement piéton), déterminée à partir de la distance d'arrêt calculée du tramway avec un temps de réaction global (homme + machine) **tr = 1,5 s** et une décélération **a<sub>FU</sub> = 2,8 m/s<sup>2</sup>** (conformément à la norme NF EN13-452-1). **Elle ne dépend pas du type de tiers mais seulement de la vitesse du tramway et des paramètres de freinage.**



Photo 4 : Piétons s'apprêtant à s'engager dans la traversée de plateforme alors que le signal R25 est allumé

Avec une vitesse du tramway ( $v_{tw}$ ) exprimée en m/s, on appliquera la formule suivante :

$$h1 = \frac{(v_{tw})^2}{2a_{FU}} + (v_{tw} * t_r)$$

La vitesse  $v_{tw}$  sera prise égale à la vitesse nominale sur la section considérée (vitesse de consigne ou fixée par TIV sur site). Cette valeur devra être cohérente avec la marche type du tramway.

### 3.2.1 Cas d'une traversée piétonne

Comme dans le cas des traversées piétonnes non signalisées, les traversées gérées par feux doivent être équipées de BEV selon les règles édictées par la norme NF P98-351. De la même façon, on considère que le piéton est visible s'il est positionné à **1,5 m du nez de bordure de trottoir (assimilé au GLO)**, c'est-à-dire **b2 = 1,5 m**.

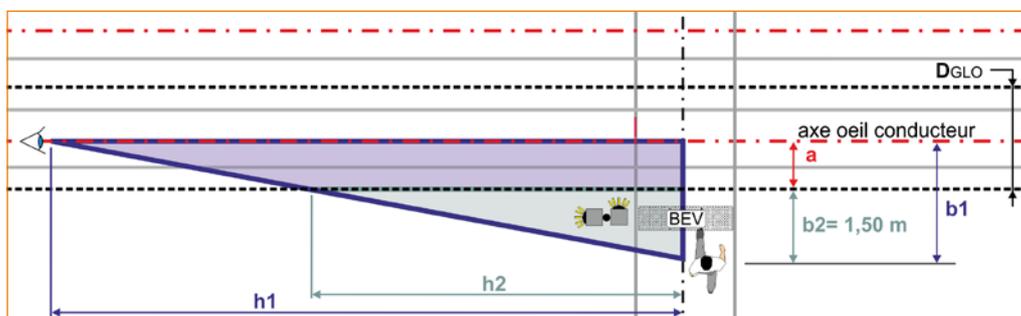


Schéma 11 : Cône de visibilité pour une traversée piétonne gérée par signalisation lumineuse

### 3.2.2 Cas d'une traversée cycle

La traversée de plateforme par des cyclistes peut s'effectuer de plusieurs façons :

- **Cas A** - La traversée cycle est gérée avec celle des véhicules routiers

Les cycles sont gérés par la signalisation prévue pour les véhicules routiers. Le cône dimensionnant à calculer sera le cône automobile (cf. paragraphe 3.2.3 ci-après), y compris en présence d'un sas vélo.

- **Cas B** - La traversée cycle est contiguë à une traversée piétonne

Dans ce cas les cyclistes sont alors tenus, en l'absence de signalisation spécifique, de respecter la signalisation prévue pour les piétons. Le calcul s'effectue alors suivant les mêmes principes que pour les piétons, en considérant que le cycliste s'arrête au niveau de la BEV, c'est-à-dire **b2 = 1,50 m**.



Schéma 12 : Cône de visibilité pour une traversée cycle contiguë à une traversée piétonne gérée par signalisation lumineuse

- **Cas C** - La traversée par les cyclistes est gérée par une signalisation spécifique (notamment en présence de piste cyclable)

Le cycliste à l'arrêt doit se positionner en fonction de sa signalisation. Afin que le conducteur du tramway puisse visualiser le cycliste, on considère que le cycliste est en **retrait de 1 m par rapport à la ligne d'effet des feux (LEF) ou de l'axe du signal le cas échéant** ; il faut donc ajouter cette valeur à la distance **f** entre la LEF et le bord du GLO pour obtenir **b2**. Cette distance **f** aura cependant une valeur maximale de 3 m par rapport au GLO car au-delà, l'éloignement du cycliste serait supérieur à 4 m, ce qui n'est pas réaliste.

**Ainsi, si  $f < 3$  m alors  $b2 = 1 + f$ , sinon  $b2 = 4$  m.**

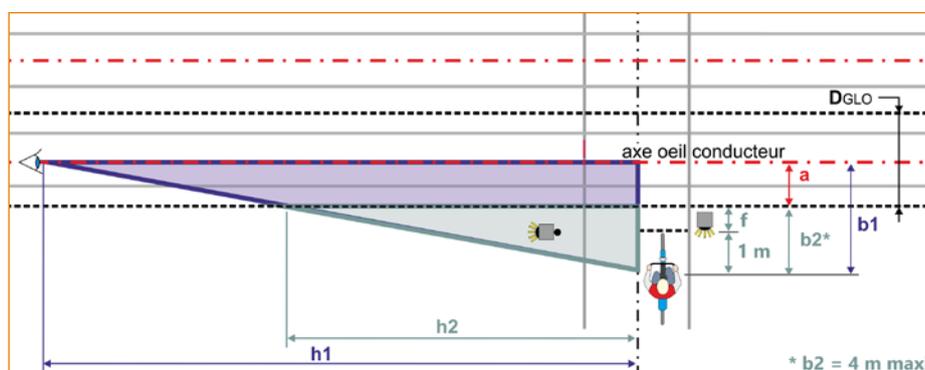


Schéma 13 : Cône de visibilité pour une traversée cyclable gérée par signalisation lumineuse

**Nota :**

- pour un cycliste venant de la gauche, ceci conduira dans la plupart des cas à appliquer cette valeur maximale de 4 m par rapport au GLO de la voie où circule le tramway, et non à tenir compte du positionnement réel de la signalisation (visibilité améliorée de par la voie tramway contiguë) pour le calcul du cône de visibilité correspondant<sup>5</sup>.
- de même, si la plateforme tramway est implantée en configuration axiale, le positionnement éloigné de la LEF conduira nécessairement à prendre en compte la valeur maximale de 4 m par rapport au GLO pour **b2**, sans tenir compte de la position réelle de la LEF.

### 3.2.3 Cas d'une traversée automobile

Le véhicule routier à l'arrêt doit se positionner en fonction de sa signalisation : afin que le conducteur de tramway puisse visualiser le véhicule à l'arrêt (vue sur l'avant du capot), on considère que celui-ci est **en retrait de 1 m par rapport à la ligne d'effet des feux (LEF) ou de l'axe du signal le cas échéant**. Il faut donc ajouter à cette valeur la distance **f** qui représente la distance entre la LEF et le bord du GLO<sup>6</sup>. Cette distance **f** aura cependant **une valeur maximale de 3 m par rapport au GLO** car au-delà le positionnement de l'automobiliste serait supérieur à 4 m, ce qui n'est pas réaliste.

Ainsi, si **f < 3 m** alors **b2 = 1 + f**, sinon **b2 = 4 m**.

Lorsqu'il existe un sas vélo, la ligne de feux à prendre en compte est celle située en amont du sas (dans la limite de 4 m).

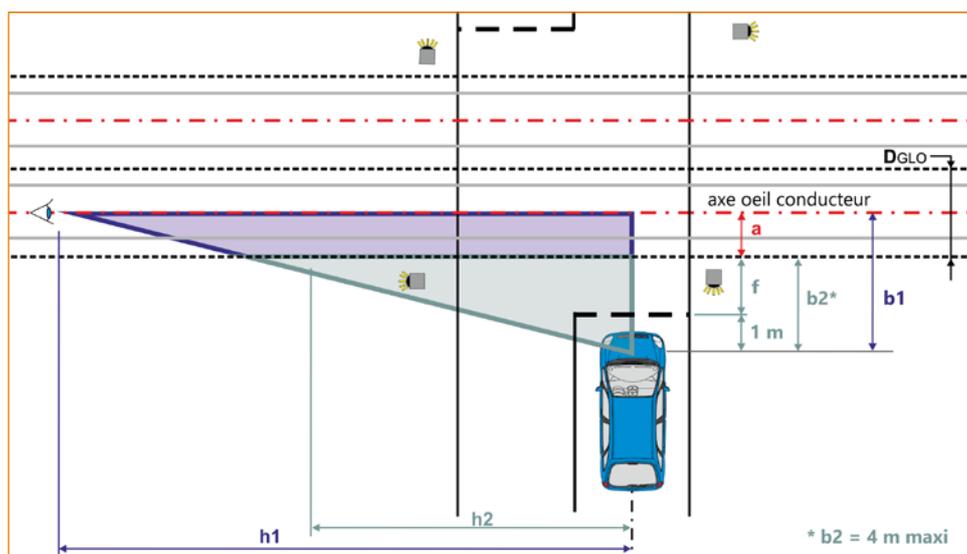


Schéma 14 : Cône de visibilité pour une traversée automobile gérée par signalisation lumineuse

**Nota :** Comme pour le cas C des traversées cycles ci-avant :

- pour un véhicule venant de la gauche, ce même raisonnement conduira dans la plupart des cas à adopter cette valeur maximale de 4 m par rapport au GLO intérieur de la voie où circule le tramway et non à tenir compte du positionnement réel de la signalisation (visibilité améliorée de par la voie tramway contiguë) pour le calcul du cône de visibilité correspondant<sup>7</sup>.
- si la plateforme tramway est implantée en configuration axiale, le positionnement éloigné de la LEF conduira nécessairement à prendre en compte la valeur maximale de 4 m pour **b2**, sans tenir compte de la position réelle de la LEF.

5 Ce calcul ne permet pas de conclure sur la visibilité pour un tramway circulant dans le sens opposé.

6 Il est préconisé de manière générale un recul de la LEF par rapport au GLO afin de se prémunir des engagements de GLO par des véhicules qui dépassent cette ligne.

7 Ce calcul ne permet pas de conclure sur la visibilité pour un tramway circulant dans le sens opposé.

### 3.3 Cône pour la visibilité sur la signalisation à destination du conducteur tramway

La visibilité du conducteur tramway doit être assurée sur l'ensemble des signaux lumineux, y compris le SAC. Ainsi, la hauteur du signal par rapport au sol<sup>8</sup> détermine la hauteur des masques à considérer pour le dégagement de la visibilité sur les signaux.

**Le cône de visibilité au niveau des signaux doit permettre au conducteur de tramway de s'arrêter avant un signal restrictif, en situation normale de conduite** (freinage normal de service) :

- la base du cône de visibilité **b1** correspond à la distance entre une ligne parallèle aux rails passant par l'œil du conducteur du tramway et la position du signal. Cette distance est obtenue en sommant la distance entre la position du signal et la limite du GLO (**b2**) et la distance **a** du bord du GLO à l'axe du poste de conduite du conducteur du tramway (**b1 = b2 + a**).
- sa hauteur **h1** est la distance entre l'œil du conducteur du tramway et la position d'arrêt du tramway en pied de feu, déterminée à partir de la distance d'arrêt calculée avec un temps de réaction global (homme + machine) **tr = 1,5 s** et une décélération **a<sub>FNS</sub> = 1,2 m/s<sup>2</sup>** (conformément à la norme NF EN13-452-1).

Avec une vitesse du tramway ( $v_{tw}$ ) exprimée en m/s, on appliquera la formule suivante :

$$h1 = \frac{(v_{tw})^2}{2a_{FNS}} + (v_{tw} * t_r)$$

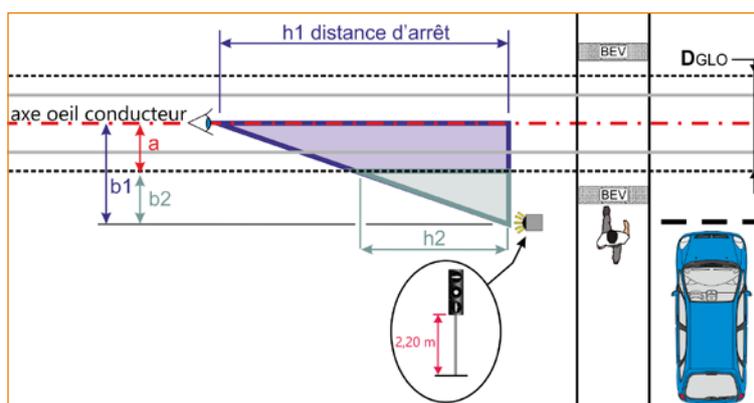


Schéma 15 : Cône de visibilité pour la visibilité sur les signaux destinés au conducteur tramway

La vitesse  $v_{tw}$  sera prise égale à la vitesse nominale sur la section considérée (vitesse de consigne ou fixée par TIV sur site). Cette valeur devra être cohérente avec la marche type du tramway.

8 Conformément à l'arrêté du 15 janvier 2007 et à l'article 109-4 de l'IISR 6<sup>e</sup> partie, lorsqu'un signal est implanté sur un cheminement accessible aux piétons, il doit laisser un passage libre d'une hauteur minimale de 2,2 m et l'axe du feu supérieur doit se trouver à moins de 4,2 m de hauteur.

## 4. Outil informatique pour la détermination des cônes

L'ensemble des hypothèses et des formules de calcul présentées dans la présente fiche ont été reprises dans un outil tableur, disponible en téléchargement sur le site du STRMTG :

<http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/fiches-techniques-et-rapports-tramway-a554.html>

Celui-ci permet d'obtenir directement les dimensions des zones libres de masque à déterminer à partir de la saisie des variables descriptives de la configuration à vérifier, les paramètres généraux étant figés.

Le tableur contient 7 onglets, correspondant aux différents types de tiers selon le mode de gestion des conflits (avec ou sans SLT), et au cas de la visibilité sur la signalisation à destination du conducteur du tramway.

Chaque onglet reprend la logique générale du raisonnement appliqué, le schéma explicatif et le tableau des paramètres utilisés et des résultats.

Légende des tableaux :

- les cases grises contiennent les hypothèses générales prises en compte, détaillées dans la présente fiche ;
- les cases rouges contiennent les paramètres dépendant de chaque configuration étudiée, à saisir par l'utilisateur ;
- les cases bleues contiennent les dimensions du « **cône de visibilité** » (= triangle de visibilité dont la hauteur est prise dans l'axe du tramway) ;
- les cases vertes contiennent les dimensions de la « **zone (devant être) libre de tout masque** » (= triangle dont la hauteur est alignée sur le bord du GLO).

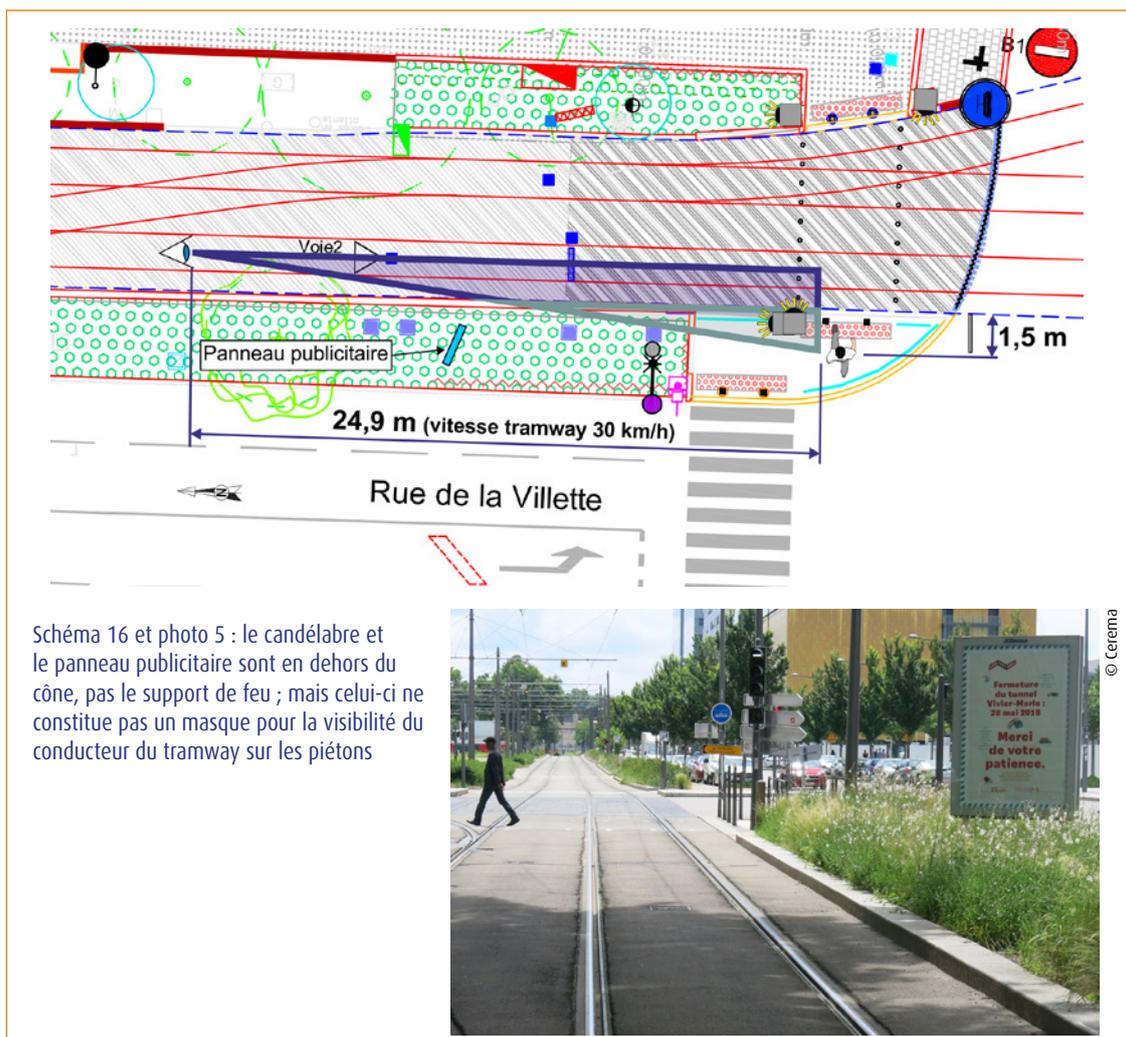


Schéma 16 et photo 5 : le candélabre et le panneau publicitaire sont en dehors du cône, pas le support de feu ; mais celui-ci ne constitue pas un masque pour la visibilité du conducteur du tramway sur les piétons

## Une série de fiches « Insertion urbaine des transports collectifs de surface »

- Fiche n° 01 Tramway et visibilité : enjeux et règles existantes
- Fiche n° 02 Tramway et traversées piétonnes - Principes d'aménagement
- Fiche n° 03 Tramway dans la circulation générale
- Fiche n° 04 **Tramway et visibilité : méthodes et outils**

### + Pour en savoir plus ●●●

- Certu, *Guide carrefours urbains*, 2010.
- Cerema, STRMTG, Fiche IUTCS n°1 *Tramway et visibilité : enjeux et règles existantes*, 2014.

### 📖 Références réglementaires ●●●

- Articles R 110-2 et R 422-3 Code de la route
- Arrêté du 15 janvier 2007 portant application du décret n°2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics
- Instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR)
- NF EN 13452-1 – Applications Ferroviaires – Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains
- NF P98-351 Cheminements. Insertion des handicapés. Éveil de vigilance

### ✍️ Contributeurs ●●●

**Rédacteurs** : Marine Blancheton (STRMTG) et Dominique Bertrand (Cerema).

Les schémas ont été réalisés par Frédéric Micoud (Cerema).

**Rélecteurs** : Valérie de Labonnefon, Perceval Gailliard, Julien Ponton, Élisabeth Pouget, Gaëlle Santarromana, Olivier Serra, Anna Spajer, Pascale Vayssier (STRMTG), Anne Sophie Malecha (Certifer trames urbaines), Cécile Clément et Franck Monti (Cerema).

Cette fiche a été élaborée dans le cadre d'un groupe de travail composé de : Dominique Bertrand (Cerema), Marine Blancheton (STRMTG), Patrice Bouyx (RTM), Christian De Waroquier (Keolis), Céline Debès (Cerema), Justin Ledoux (Ville de Paris), Denis Marcellin (ERA), Carine Paglia (T2C), Yvon Primel (Keolis-Lille) et Stéphane Riou (Semitan).

### 📖 Glossaire ●●●

- **BEV** : Bande d'Eveil et de Vigilance
- **CDLP** : Cédez-Le-Passage
- **FNS** : Freinage Normal de Service
- **FU** : Freinage d'Urgence
- **GLO** : Gabarit Limite d'Obstacle
- **IISR** : Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière
- **LEF** : Ligne d'Effet des Feux
- **PAM** : Personne Aveugle ou Malvoyante
- **SAC** : Signal d'Aide à la Conduite
- **SLT** : Signalisation lumineuse de Trafic
- **TIV** : Tableau Indicateur de Vitesse

### ✉️ Contacts ●●●

#### **Cerema**

Direction technique Territoires et ville  
Département Voirie et Espace public  
Tél. : +33 (0)4 72 74 59 61  
voi.DtectV@cerema.fr

#### **STRMTG**

Division tramways  
Tél. : +33 (0)4 76 63 78 78  
DTW.STRMTG@developpement-durable.gov.fr

**Maquettage**  
Cerema Territoires et ville  
Service édition

**Illustration couverture**  
STRMTG

**Date de publication**  
Septembre 2018  
ISSN : 2276-0164  
2018/25

Commander ou télécharger nos ouvrages sur  
[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

© 2018 - Cerema  
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

#### **La collection « Références » du Cerema**

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoirs-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment