

Fonction de veille des tramways

Exigences de sécurité



Objet :

Conformément aux dispositions prévues dans le décret n° 714 du 31 juillet 2001 portant création du STRMTG, le STRMTG produit des guides et référentiels techniques en liaison avec ses partenaires professionnels.

Le présent guide est applicable aux matériels roulants de tramways et de tram-trains, évoluant en milieu urbain et relevant des titres II, III et VI du décret n°2003-425 du 9 mai 2003 modifié, relatif à la sécurité des transports publics guidés.

Élaboration et diffusion :

Il a été concerté lors d'une réunion rassemblant exploitants, AOT et constructeurs.

Ce guide est destiné à l'ensemble des acteurs professionnels du secteur des tramways et tram-trains (constructeurs de matériels roulants guidés urbains, AOT, exploitants, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, OQA).

Historique des mises à jour :

N° de version	Date	Nature des versions
1	31/01/17	Création suite à travaux du groupe et relectures

REDACTEUR	VERIFICATEUR	APPROBATEUR
Alexandra GUESSET Chargée d'affaires	Valérie DE LABONNEFON Responsable de la division	Daniel PFEIFFER Directeur du STRMTG
		

Coordonnées du service :

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

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version du 31/01/2017
	Fonction de veille des tramways	Page 3 / 12

Sommaire

1. OBJET ET LIMITES DU GUIDE.....	4
1.1. Objet.....	4
1.2. Champ d'application du guide.....	4
1.3. Glossaire.....	4
2. ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS.....	7
2.1. Malaise du conducteur.....	7
2.2. Système de veille inefficace.....	7
3. ABSENCE DE DÉTECTION DU MALAISE DU CONDUCTEUR.....	7
3.1. Conception de l'actionneur de la fonction de veille.....	7
3.2. Périodicité de surveillance de l'état du conducteur.....	8
3.2.1. Exigences générales.....	8
3.2.2. Cas des dispositifs de veille actuels.....	8
3.2.2.1. Cas des systèmes de veille sans actionneur au pied.....	8
3.2.2.2. Cas des systèmes de veille avec actionneur au pied.....	9
4. DYSFONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE VEILLE.....	9
4.1. Absence de réalisation de la consigne Freinage veille.....	9
4.2. Non réalisation du freinage veille suite à une consigne.....	10
5. LIMITER LES CHUTES DE VOYAGEURS SUITE À UN FREINAGE VEILLE.....	10
5.1. Réduire les freinages veille intempestifs.....	10
5.2. Appliquer des freinages veille doux.....	10
6. CAS DU FREINAGE VEILLE RÉVERSIBLE.....	11
7. ENREGISTREMENT DE L'ACTIVATION DE L'ALARME AVANT APPLICATION DU FREINAGE VEILLE.....	11
8. SYNTHÈSE DES EXIGENCES SUR LES TEMPORISATIONS.....	12

Index des illustrations

Illustration 1: définition des temporisations.....	5
Illustration 2: Distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence du conducteur.....	6
Illustration 3: Illustration du principe de non régression des temporisations.....	9
Illustration 4: Rappel des définitions de temporisations.....	12

Index des tableaux

Tableau 1: Synthèse des exigences relatives aux temporisations.....	12
Tableau 2: Exemples de temporisations.....	12

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version du 31/01/2017
	Fonction de veille des tramways	Page 4 / 12

1. Objet et limites du guide

1.1. Objet

On appelle système de veille le système permettant de détecter le malaise du conducteur et de déclencher un freinage en cas de malaise détecté. Pour rappel, la conformité à la norme NF EN 13452-1 Déc 2013 « Freinage – Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains » (§5.4.3-Incapacité du conducteur) conduit à l'implémentation d'un tel système.

L'analyse du retour d'expérience a relevé de nombreux FU veille déclenchés alors que le conducteur est présent et conscient. Ces déclenchements à tort sont dus à de l'hypovigilance mais également à de la saturation cognitive (hypervigilance). En effet, l'attention du conducteur est fortement sollicitée en environnement urbain ce qui peut entraîner une surcharge cognitive conduisant à l'oubli d'activation du dispositif de veille. Ces freinages d'urgence conduisent à un certain nombre de chutes de voyageurs dans la rame alors qu'aucun danger imminent n'est avéré.

De nombreux projets d'évolution de cette fonction sont en cours : ce guide permet de définir les exigences en termes de sécurité à respecter.

Ce guide technique constitue un référentiel à destination des maîtrises d'ouvrage, des maîtres d'œuvre, des constructeurs de matériels roulants guidés en interface avec un environnement urbain.

1.2. Champ d'application du guide

Les préconisations définies dans le présent guide s'appliquent à tout nouveau matériel roulant de tramway sur fer ou pneus ainsi qu'aux tram-trains dès lors qu'ils sont amenés à circuler dans un environnement urbain au même titre qu'un tramway.

Les matériels roulants sur pneus ayant reçus une homologation routière sont exclus du présent guide.

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

Dans le cas de reconductions de conception (par exemple l'affermissement de tranches optionnelles ou de marché subséquent), le guide est applicable aux marchés / tranches dont l'affermissement n'a pas été notifié (au sens du code des marchés publics) à la date de publication du présent guide.

On emploiera dans la suite du document le terme « tramways » pour tout type de matériels roulants guidés évoluant en milieu urbain (incluant notamment les tram-trains).

Cas des systèmes en service

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

Les modifications substantielles d'un système existant portant sur le matériel roulant seront traitées au cas par cas.

Dans le cadre de rénovation de matériel roulant, bien que le guide ne soit pas applicable, on pourra utilement s'inspirer de ses exigences.

1.3. Glossaire

Actionneur

Ce terme désigne toute commande intégrée dans le fonctionnel de la veille y compris celles qui ne seraient pas dédiées à la fonction de veille (ex : gong, position du manipulateur...)

Temporisation de maintien

Temporisation débutant lorsque le conducteur fait une action pour indiquer sa présence active

(ex : appui sur un actionneur) et se terminant par le déclenchement d'un freinage. Elle inclut une durée d'activation de l'alarme d'approche de fin de temporisation. Cette temporisation correspond au temps pendant lequel le conducteur fait une action pour indiquer sa présence.

Temporisation de relâchement

temporisation débutant à l'absence d'action du conducteur sur le dispositif de veille et se terminant par le déclenchement du freinage. Elle inclut une durée d'activation de l'alarme d'approche de fin de temporisation. Cette temporisation correspond au délai pendant lequel il est considéré acceptable que le conducteur ne réalise aucune action particulière signalant sa présence.

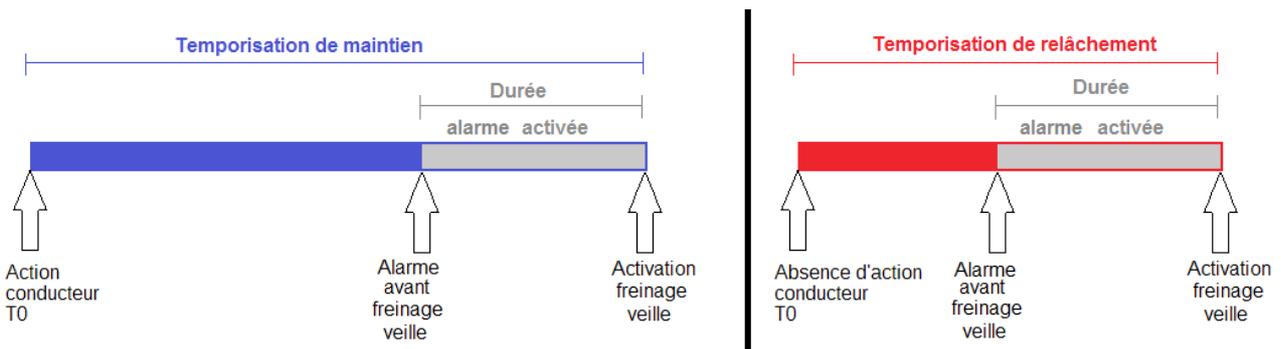


Illustration 1: définition des temporisations

FU1

au sens de la norme Freinage EN 13452-1, ce freinage est défini par les performances suivantes

- Performances opérationnelles :
 - o Décélération minimale $a_e = 1,2 \text{ m/s}^2$
 - o t_e maximum = 1,5 s
- Performances de confort :
 - o Décélération instantanée maximale $a_e = 2,5 \text{ m/s}^2$
 - o Jerk maximal (moyenne) = 4 m/s^3

FU3

au sens de la norme Freinage EN 13452-1, ce freinage est défini par les performances suivantes

- Performances opérationnelles :
 - o Décélération minimale $a_e = 2,8 \text{ m/s}^2$
 - o t_e maximum = 0,85 s
- Performances de confort :
 - o Décélération instantanée maximale $a_e = 5 \text{ m/s}^2$
 - o Jerk maximal (moyenne) = 8 m/s^3

Freinage doux

Freinage dont les performances de confort sont au plus celles du FU1 (décélération instantanée maximale et jerk maximal).

Distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence

Elle est définie à partir d'un malaise d'un conducteur ayant lieu à $t = 0 \text{ s}$. Elle intègre la distance parcourue pendant le temps de réaction du système de veille et du freinage ainsi que la distance de freinage.

La référence GAME retenue est le fonctionnel de veille ayant la temporisation de relâchement avant application d'un FU3 la plus longue parmi les réseaux de tramway français circulant en urbain et dont le retour d'expérience n'a pas démontré de scénario contraire à la sécurité.

Elle se calcule selon la définition de la norme freinage EN 13452-1.

$$V_0 \times t + V_0 \times t_e + \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{a_e}$$

avec V_0 = vitesse au moment du malaise

$t = 12$ s, temps entre le moment du malaise et le moment où le système de veille déclenche le freinage.

$t_e = 0,85$ s (cas du FU3)

$a_e = 2,8$ m/s² (cas du FU3)

Nota : à 50 km/h la distance d'arrêt de référence est donc de 213 m

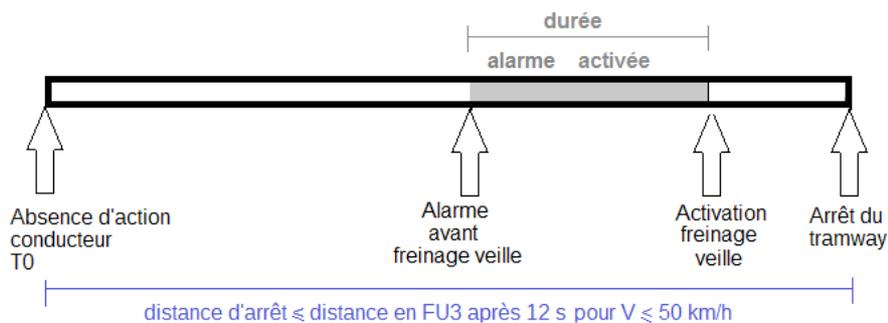


Illustration 2: Distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence du conducteur

Distance d'arrêt de référence pendant le contrôle de présence

Elle est définie à partir d'un malaise d'un conducteur ayant lieu à $t = 0$ s.. Elle intègre la distance parcourue pendant le temps de réaction du système de veille et du freinage ainsi que la distance de freinage.

La référence GAME retenue est le fonctionnel de veille ayant la temporisation de maintien avant application d'un FU3 la plus longue parmi les réseaux de tramway français circulant en urbain et dont le retour d'expérience n'a pas démontré de scénario contraire à la sécurité.

Elle se calcule selon la même définition de la distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence du conducteur mais avec $t = 15$ s.

Nota : à 50 km/h la distance d'arrêt de référence est donc de 255 m

Distance d'arrêt

Elle est définie à partir d'un malaise d'un conducteur ayant lieu à $t = 0$ s.. Elle intègre la distance parcourue pendant le temps de réaction du système de veille et du freinage ainsi que la distance de freinage. Elle se calcule selon la définition de la norme freinage EN 13452-1. Les performances du freinage à prendre en compte sont les performances minimales garanties par le constructeur (elles ne peuvent pas être définies uniquement par des résultats d'essais).

$$V_0 \times t + V_0 \times t_e + \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{a_e}$$

avec V_0 = vitesse au moment du malaise

t = temps entre le moment du malaise et le moment où le système de veille déclenche le freinage

t_e = temps de réponse équivalent au sens de la norme EN 13452-1 (temps maximum garanti, dans le cas d'un FU1 = 1,5s)

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version du 31/01/2017
	Fonction de veille des tramways	Page 7 / 12

a_e = décélération équivalente au sens de la norme EN 13452-1 (décélération minimale garantie, dans le cas d'un FU1 = 1,2 m/s²)

2. Événements redoutés

L'événement redouté principalement étudié est « la collision ou le déraillement par sur vitesse suite au malaise du conducteur ». Les études de sécurité qui ont permis de définir les allocations de niveau de sécurité sont basées sur cet événement redouté. Cependant, vu le retour d'expérience des dispositifs de veille actuels déclenchant un FU3, l'événement redouté « Chute de voyageur » est également pris en compte.

La probabilité d'occurrence de l'événement redouté « la collision ou le déraillement par sur vitesse suite au malaise du conducteur » doit être inférieure à 10⁻⁹/h.

La survenue de cet événement est liée :

- à la présence d'un tiers dans le GLO, d'une rame ou à une vitesse incompatible avec l'infrastructure,
- et**
- à l'occurrence d'un malaise du conducteur,
- et**
- à l'occurrence d'un système de veille inefficace.

Au vu de l'environnement urbain dans lequel évoluent les systèmes de tramways, l'occurrence de la présence d'un tiers dans le GLO, d'une rame ou d'une vitesse incompatible avec l'infrastructure n'est pas étudiée.

2.1. Malaise du conducteur

L'hypothèse est faite que le malaise du conducteur conduit à un relâchement de ses membres.

Nota : A l'origine, les temporisations maximales de maintien d'appui avaient été introduites pour détecter l'électrisation d'un conducteur conduisant à un malaise avec crispation des membres. Depuis, avec les progrès en matière de sécurité électrique, les malaises conduisant à une crispation des membres ne sont plus pris en compte.

2.2. Système de veille inefficace

Le non déclenchement de freinage suite au malaise du conducteur par le système de veille peut être dû :

- à l'absence de détection du malaise du conducteur du fait de la conception du système de veille
- ou**
- à un dysfonctionnement du dispositif de veille.

3. Absence de détection du malaise du conducteur

Dans le 1^{er} cas, la non détection du malaise peut être due :

- **soit** à une mauvaise conception de l'actionneur de la fonction de veille
- **soit** à la périodicité de surveillance de l'état de conscience du conducteur par le système de veille (ex : dispositif de veille inactif durant la temporisation choisie par conception).

3.1. Conception de l'actionneur de la fonction de veille

Le guide technique du STRMTG « Sécurité des postes de conduite » précise les exigences relatives aux actionneurs de la fonction de veille, vis-à-vis notamment du risque de non détection du malaise du conducteur en cas d'activation d'une veille à maintien d'appui par le simple poids de la jambe du conducteur.

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version du 31/01/2017
	Fonction de veille des tramways	Page 8 / 12

3.2. Périodicité de surveillance de l'état du conducteur

3.2.1. Exigences générales

La distance pendant laquelle il est considéré acceptable que le conducteur ne réalise aucune action particulière signalant sa présence (ex : pendant la durée de relâchement de l'actionneur) est bornée en application du principe GAME.

La périodicité de surveillance de l'état du conducteur alors qu'il ne signale pas sa présence doit être telle que la distance d'arrêt ne dépasse pas celle de la référence GAME à des vitesses inférieures ou égales à 50 km/h (voir définitions de la distance d'arrêt et de la distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence dans le glossaire §1.3).

Cette périodicité de surveillance varie donc selon les performances opérationnelles du freinage déclenché.

Il est supposé qu'à des vitesses supérieures à 50 km/h l'environnement urbain est moins dense et qu'une légère dégradation de la distance d'arrêt est acceptable dans le cas où le freinage déclenché aurait des performances opérationnelles moindres que le FU3.

Dans le cas où il existe un actionneur pouvant être activé par un conducteur inconscient (exemple : pédale de veille), la distance pendant laquelle il est considéré acceptable que le conducteur ne réalise aucune action particulière signalant sa présence active est bornée en application du principe GAME.

Dans ce cas, la périodicité de surveillance de l'état du conducteur alors qu'il signale sa présence (exemple : pendant la durée de maintien de l'actionneur) doit être telle que la distance d'arrêt ne dépasse pas celle de la référence GAME à des vitesses inférieures ou égales à 50 km/h (voir définitions de la distance d'arrêt et de la distance d'arrêt de référence pendant le contrôle de présence dans le glossaire §1.3).

Les périodicités de surveillance seront, autant que possible, homogènes sur un réseau.

3.2.2. Cas des dispositifs de veille actuels

Les préconisations qui suivent sont définies au regard des dispositifs de veille actuellement utilisés sur les tramways urbains.

3.2.2.1. Cas des systèmes de veille sans actionneur au pied

Temporisation de « maintien »

Les temporisations de maintien pour des dispositifs activés uniquement à la main peuvent être « infinies » (veille à maintien d'appui). Certains réseaux disposent déjà d'un tel système, d'autres ont mis en place ce fonctionnel après mise en service sur une partie de leur parc. Le retour d'expérience est positif puisqu'un malaise d'un conducteur a bien été détecté par le dispositif modifié.

Temporisation de « relâchement »

Les temporisations de relâchement sont bornées, en application du principe GAME.

La temporisation doit être telle que la distance d'arrêt à partir du malaise du conducteur ne doit pas dépasser la distance d'arrêt de référence sans contrôle de présence du conducteur définie dans le glossaire à des vitesses inférieures ou égales à 50 km/h.

En appliquant ce principe, les temporisations de relâchement maximales avant freinage sont les suivantes :

- si le freinage déclenché est un FU3, la temporisation est de 12 s au maximum (distance d'arrêt à 50 km/h calculée selon la norme EN 13452-1 = 213 m)
- si le freinage déclenché est un FU1, elle est de 8 s au maximum (distance d'arrêt à 50 km/h = 212 m)

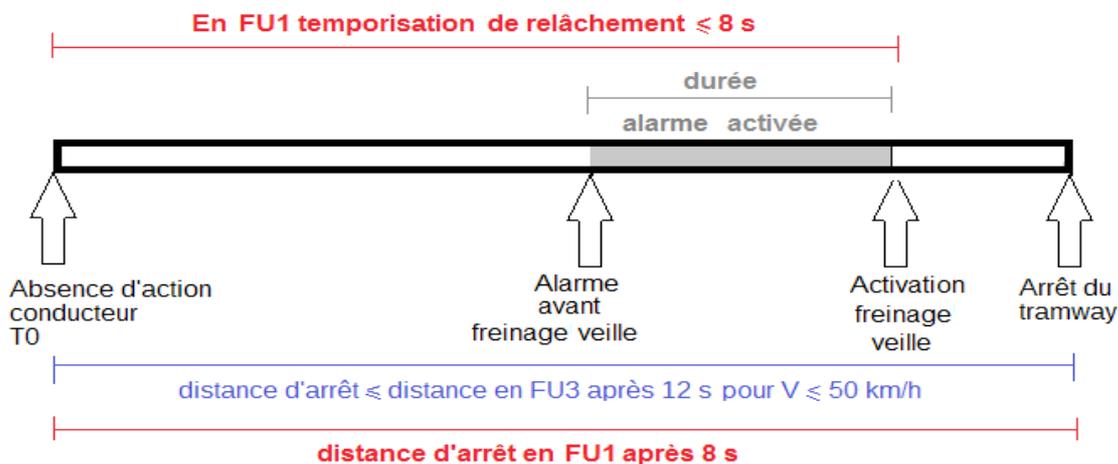


Illustration 3: Illustration du principe de non régression des temporisations

3.2.3. Cas des systèmes de veille avec actionneur au pied

Ce paragraphe s'applique également aux dispositifs ayant deux types d'activations (à la main et au pied).

Temporisation de « maintien »

Il n'est pas admis d'avoir une temporisation de maintien infinie pour une veille pouvant être activée par le pied car le relâchement / malaise du conducteur peut ne pas être détecté si le pied de celui-ci est coincé et si le poids propre de la jambe suffit à maintenir la veille activée (cf 3.1). La temporisation maximale de maintien est définie en se basant sur le principe GAME.

Tout comme la temporisation de relâchement, le critère est la non dégradation de la distance d'arrêt à partir du malaise du conducteur par rapport à la distance d'arrêt de référence avec contrôle de présence du conducteur définie dans le glossaire à des vitesses inférieures ou égales à 50 km/h.

En appliquant ce principe, les temporisations de maintien maximales avant freinage sont les suivantes :

- si le freinage déclenché est un FU3, la temporisation est de 15 s au maximum (distance d'arrêt à 50 km/h = 255 m)
- si le freinage déclenché est un FU1, elle est de 11 s au maximum (distance d'arrêt à 50 km/h = 254 m)

Temporisation de « relâchement »

La temporisation de relâchement maximale doit répondre aux mêmes préconisations que le paragraphe 3.2.2.1.

Elle est inférieure à la temporisation de maintien car elle traduit directement l'absence d'action du conducteur.

4. Dysfonctionnement du dispositif de veille

Dans le cas du dysfonctionnement du dispositif, celui-ci peut conduire à :

- l'absence de réalisation de la consigne freinage veille
- ou**
- une non réalisation du freinage veille suite à l'envoi d'une consigne « freinage veille »

4.1. Absence de réalisation de la consigne Freinage veille

L'exigence du STRMTG est de pouvoir détecter le malaise avec une fonction de veille d'un niveau de sécurité d'au moins SIL1 (THR $<10^{-5}/h$) qui repose sur des informations issues des actionneurs de veille.

<h1>STRMTG</h1>	GUIDE TECHNIQUE	Version du 31/01/2017
	Fonction de veille des tramways	Page 10 / 12

En particulier le fonctionnel de la veille devra permettre de détecter une veille toujours vue activée (panne latente) en un temps inférieur à la durée d'un tour. Par ailleurs, pour que le conducteur soit toujours conscient de l'existence d'une fonction de veille, l'autorisation de départ d'une station devra être conditionnée à un cycle d'appui-relâchement.

Le cas de dérive de temporisation devra également être étudié (ex : mise en place de tests fonctionnels du réglage du seuil de temporisation).

4.2. Non réalisation du freinage veille suite à une consigne

L'exigence du STRMTG est de déclencher un freinage d'un niveau de sécurité au moins SIL1 (THR <10⁻⁵/h).

5. Limiter les chutes de voyageurs suite à un freinage veille

Afin de rendre acceptable le risque de blessure de voyageur suite à une chute due à un FU veille, un travail sur l'occurrence de la chute est réalisé.

Cette occurrence doit être réduite :

- en limitant le nombre de freinages veille intempestifs
- et
- en réalisant un freinage doux

5.1. Réduire les freinages veille intempestifs

Délai d'alarme du conducteur avant freinage veille

Le temps laissé au conducteur pour indiquer sa présence active au dispositif de veille suite à l'alarme d'approche de fin de temporisation est à paramétrer à **au moins 3 secondes**.

En cas d'alarme non continue (ex : bip sonore répétitif), le conducteur doit pouvoir entendre au moins 3 fois l'alarme avant déclenchement du freinage de veille.

Il est rappelé que ce délai d'alarme est inclus dans les temporisations de relâchement et de maintien (cf Illustration 1). Il devra être identique entre les temporisations de relâchement et de maintien.

Conception de l'alarme

Une alarme uniquement visuelle n'est pas acceptable car elle ne serait pas perçue en cas de saturation cognitive (hypervigilance) du conducteur (attention portée sur un élément extérieur par exemple). Elle peut cependant venir en complément à une alarme sonore mais ne doit jamais être la seule activée durant le délai d'alarme défini ci-avant.

En ce qui concerne les alarmes sonores, il conviendra de s'assurer que celle-ci est suffisamment audible et distincte des autres alarmes sonores tel qu'indiqué dans le §5.4 du guide technique du STRMTG « Sécurité des postes de conduite de tramways ».

5.2. Appliquer des freinages veille doux

Les dispositifs de veille actuels ne permettent pas de garantir que le malaise du conducteur est avéré pour autant, cela conduit à déclencher des FU3 alors qu'il n'y a pas de danger grave imminent avéré.

Le rapport d'enquête du BEA-TT sur l'événement de septembre 2012 ayant eu lieu à Montpellier recommande de s'assurer que la conception du freinage d'urgence permet d'obtenir des performances différentes selon qu'il est déclenché par le conducteur ou par le dispositif de veille et ayant des performances conformes à celles définies dans la norme EN 13 452-1 :

Le freinage à déclencher par la fonction de veille doit avoir des performances de confort conformes au FU 1 au sens de la norme EN 13 452-1.

6. Cas du freinage veille réversible

Il est possible qu'un conducteur qui oublie sa veille en situation de saturation cognitive / d'hypervigilance (ex : attention accaparée par un risque en bordure de plateforme) ait une charge cognitive supplémentaire du fait de l'existence d'une possibilité de sortie du freinage. En effet, dans ce cas, le déclenchement du freinage veille serait considéré comme le signe que le conducteur est déjà en surcharge cognitive. Comme ce fonctionnel est inexistant à ce jour en France, il devra être justifié quant à son objectif et les conditions de « sortie du freinage veille ».

A noter que la fonction veille y compris son caractère réversible doit être au moins SIL1.

7. Enregistrement de l'activation de l'alarme avant application du freinage veille

En vue d'enrichir l'analyse des événements, un enregistrement de l'activation de l'alarme d'approche de fin de temporisation avant application du freinage veille est demandé.

Pour rappel, le guide « Enregistrement des paramètres d'exploitation » préconise l'enregistrement de l'état du contact freinage veille ainsi que les commandes plombées.

8. Synthèse des exigences sur les temporisations

Pour rappel, les temporisations sont définies comme suit :

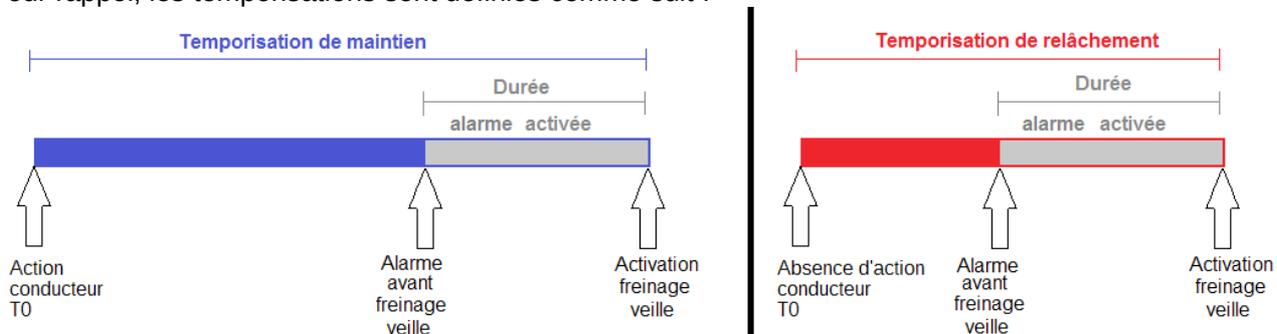


Illustration 4: Rappel des définitions de temporisations

Les exigences relatives aux temporisations sont les suivantes :

	Activation uniquement à la main M	Activation possible au pied P (+M)
Temporisation de maintien maximale	Pas de limite (cf §4.1)	Dépend des performances opérationnelles de freinage et telle que : distance d'arrêt pour $V \leq 50$ km/h \leq distance d'arrêt FU1 après 11 s de temporisation
Temporisation de relâchement maximale	Dépend du type de freinage et telle que : distance d'arrêt pour $V \leq 50$ km/h \leq distance d'arrêt FU1 après 8 s de temporisation	
Durée d'alarme	≥ 3 s	≥ 3 s

Tableau 1: Synthèse des exigences relatives aux temporisations

Le tableau ci-après illustre deux exemples de temporisations possibles selon le type d'actionneur :

	Type de freinage	Temporisation de maintien	Temporisation de relâchement	Durée d'activation de l'alarme incluse
Temporisations pour actionneur P (+M)	FU1	11 s	8 s	3 s
Temporisations pour actionneur M	FU1	∞	8 s	4 s

Tableau 2: Exemples de temporisations