

Ergonomie des Postes de Conduite des Tramways

– Cahier des Charges –

Version 1 / Février 2012



Objet :

Conformément aux dispositions prévues dans son décret de création, le STRMTG produit des guides et référentiels techniques en liaison avec la profession.

Le présent guide a pour objectif de donner des règles d'ergonomie pour la conception des postes de conduite des tramways.

Le présent guide est applicable aux systèmes de tramways relevant du titre II du décret n°2003-425 du 9 mai 2003 modifié relatif à la sécurité des transports publics guidés.

Élaboration et diffusion :

Ce guide a été élaboré par un groupe de travail national piloté par le STRMTG et réunissant les représentants des exploitants de tramway et les constructeurs de matériel roulant. La liste des participants à ce groupe de travail figure en annexe 1.




Il a fait suite à :

- Un travail d'observation des réseaux mené par le cabinet Ergonomos sur les réseaux de Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, Marseille, Montpellier, Rouen et Strasbourg,
- Une synthèse et analyse de ces observations,
- La constitution d'un premier cahier des charges réalisé par le cabinet Ergonomos.

Ce guide est destiné à l'ensemble des acteurs professionnels du secteur des tramways (AOT, Maîtres d'ouvrage, Exploitants, Maîtres d'œuvre, bureaux d'études, EOQA, services de contrôle de l'Etat).

Historique des mises à jour :

<i>N° de version</i>	<i>Date</i>	<i>Nature des versions</i>
1	6 fév. 2012	Première version du guide

REDACTEUR	VERIFICATEUR	APPROBATEUR
Alexandre DUSSERE Chargée d'Affaires de la Division Tramways	Michel ARRAS Responsable de la Division Tramways	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
 www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr

Table des matières

1. INTRODUCTION ET CHAMP D'APPLICATION DU GUIDE.....	4
1.1. OBJET DU GUIDE.....	4
1.2. CHAMP D'APPLICATION.....	4
1.2.1. <i>Systèmes concernés</i>	4
1.2.2. <i>Cas des systèmes en service</i>	4
2. POPULATION DES CONDUCTEURS.....	4
3. CHAMP DE VISION.....	5
3.1. DONNÉES D'ENTRÉE PHYSIOLOGIQUES (VISIBILITÉ).....	5
3.2. CHAMP EXTÉRIEUR LOINTAIN.....	6
3.2.1. <i>Conduite centrale</i>	6
3.2.2. <i>Conduite décalée</i>	6
3.3. CHAMP EXTÉRIEUR PROCHE.....	7
3.4. CHAMP INTÉRIEUR.....	7
3.5. RÉTROVISION.....	8
4. LES CONTRAINTES POSTURALES.....	9
4.1. DONNÉES D'ENTRÉE PHYSIOLOGIQUES (ASSISE)	9
4.2. LE SIÈGE ET L'ASSISE.....	9
4.3. REPOSE-PIEDS SI CONDUITE MANUELLE.....	10
4.3.1. <i>Repose-pieds sans commande au pied</i>	10
4.3.2. <i>Repose-pieds avec commande(s) au pied</i>	10
4.4. CONDUITE AU PIED (POSITIONNEMENT DES COMMANDES).....	11
4.5. LA COMMANDE DE VEILLE.....	11
4.5.1. <i>veille sur manipulateur linéaire</i>	11
4.5.2. <i>Veille sur manipulateur rotatif</i>	11
4.5.3. <i>Veille à la main non placée sur le manipulateur</i>	12
4.5.4. <i>Veille au pied – conduite à la main</i>	12
4.5.5. <i>Veille au pied – conduite au pied</i>	12
4.6. LE MANIPULATEUR.....	12
4.7. COMMANDES ET CONTRÔLES	13
4.7.1. <i>Les commandes</i>	13
4.8. DIMENSIONS DU POSTE DE CONDUITE.....	15
4.8.1. <i>Hauteur de la cabine</i>	15
4.8.2. <i>Espace autour du conducteur</i>	15
4.8.3. <i>Accès au poste de conduite</i>	15
4.8.4. <i>Rangements du poste de conduite</i>	15
5. AMBIANCE DE CONDUITE.....	16
5.1. PARE BRISE, PARE SOLEIL ET ESSUIE GLACE.....	16
5.1.1. <i>Pare-brise</i>	16
5.1.2. <i>Essuie-glace</i>	16
5.1.3. <i>Protections solaires</i>	17
5.2. CONFORT THERMIQUE.....	17
5.3. BRUIT.....	17
5.4. ÉCLAIRAGE / ÉCLAIREMENT.....	18

1. Introduction et champ d'application du guide

1.1. Objet du guide

La sécurité du système tramway repose essentiellement, vu du conducteur de tramway, sur le principe de la conduite à vue.

La conduite à vue est conditionnée en grande partie par l'aménagement du poste de conduite et par la bonne visibilité par le conducteur de son environnement proche, ce qui lui permet de prendre les bonnes décisions au moment opportun.

Il est apparu important de cadrer les aménagements ergonomiques des postes de conduite, ainsi que les dispositions concernant la visibilité, puisqu'il n'existait pas de référentiel particulier propre aux tramways sur ces aspects.

Le présent document constitue la synthèse du travail d'observation et d'analyse mené par un groupe de travail constitué de constructeurs, d'exploitants de tramways, du cabinet Ergonomos et des services de contrôle de l'Etat.

Il s'appuie notamment sur le travail réalisé par le cabinet Ergonomos dans le cadre du groupe de travail et sur l'analyse du document "Cahier des charges ergonomiques pour les futurs tramways".

Ce guide technique constitue un référentiel a minima pour les maitres d'ouvrage, les maitres d'œuvre, les constructeurs et les services de contrôle, dans le cadre de la conception et de la construction de nouveaux matériels roulants de tramway.

1.2. Champ d'application

1.2.1. Systèmes concernés

Les préconisations définies dans le présent guide s'appliquent à tout nouveau système de tramway sur fer ou pneus. Les modifications substantielles d'un système existant portant sur le matériel roulant seront traitées au cas par cas.

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.

Les matériels sur pneus homologués routiers sont exclus du présent guide.

1.2.2. Cas des systèmes en service

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

2. Population des conducteurs

La population des conducteurs est schématisée par des mannequins numériques, représentant les différents gabarits enveloppes d'hommes et de femmes.

Les caractéristiques de ces 6 mannequins sont définies en annexe II (source : base de données NATICK 88).

Le tableau ci-dessous définit les intervalles de confort pour les différentes articulations :

Articulations	Degré de liberté	Valeurs
Epaule	Flexion / Extension	30° / -10°
	Abduction / Adduction	30° / -5°
	Rotation axiale	De -30° à 50°
Coude	Flexion / Extension	80° / 120°
Genou	Flexion / Extension	90° / 160°
Angle de positionnement de la jambe par rapport aux pédales de conduite.	Flexion / Extension cheville	-30° / 20°
Angle rotation du pied/talon.	Axe perpendiculaire au plan du milieu du pied	Inférieur à 30°

Tableau 1

3. Champ de vision

3.1. Données d'entrée physiologiques (visibilité)

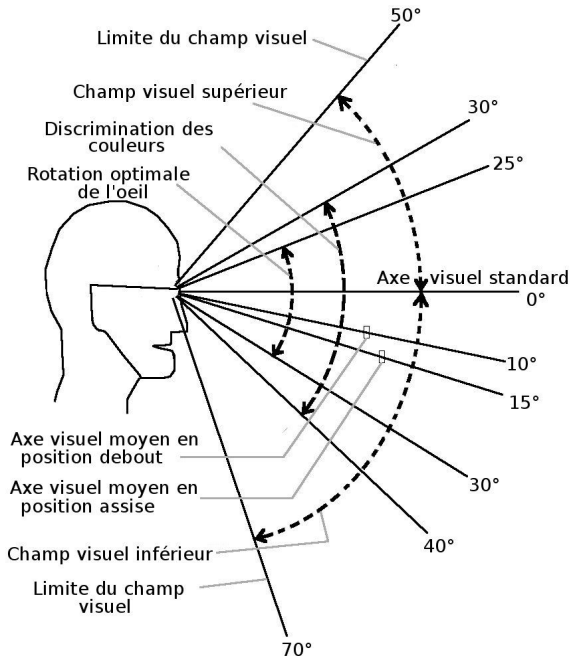


Schéma 1 : Angles de visibilité

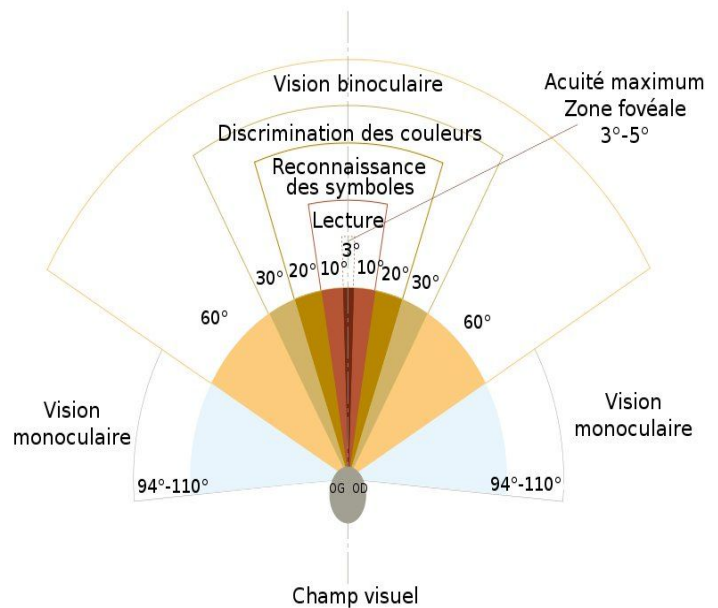


Schéma 2 : Angles de visibilité

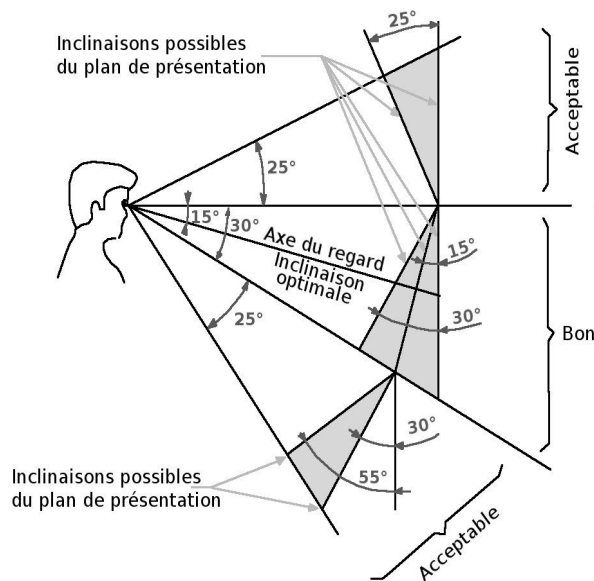


Schéma 3: Champ de vision, plan sagittal

Le champ visuel direct représente la partie du champ de vision où la personne n'a pas besoin de tourner la tête pour "voir" correctement une information ou un signal.

3.2. Champ extérieur lointain

Objectifs :

- Le pare brise doit permettre au conducteur d'avoir une visibilité supérieure de 25° par rapport au plan horizontal,
- La hauteur de l'œil du conducteur doit être au minimum de 1700mm par rapport au sol (plan du rail),
- Les informations de conduite ne doivent pas sortir de la zone acceptable.

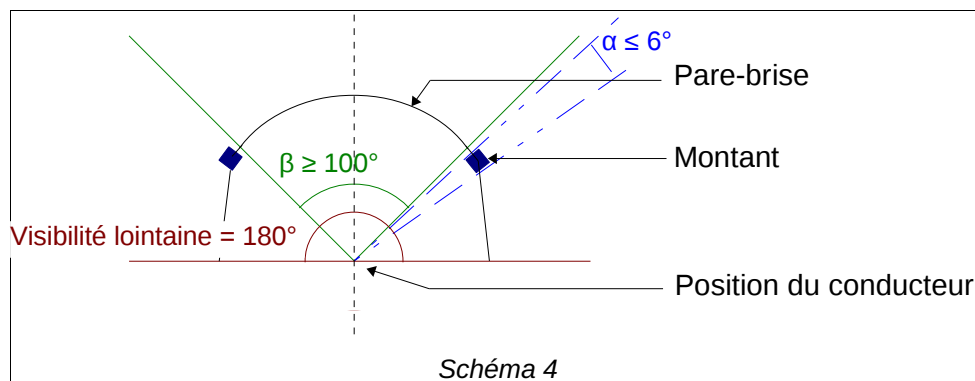
Suivant le positionnement du siège dans le poste de conduite, on retiendra les exigences d'un des deux paragraphes qui suivent.

3.2.1. Conduite centrale

Le conducteur est positionné sur l'axe de la rame.

Les conditions angulaires de visibilité qui suivent sont vérifiées sur un plan horizontal placé à hauteur des yeux du 5e et 95e percentile (cf Annexe II tableau des mannequins numériques).

- Limite du champ visuel gauche et droite : angle de 180° vers l'avant.
- Angle sans obstacle $\beta_{\text{mini}} = 100^\circ$. Cet angle doit être placé de façon symétrique par rapport au conducteur.
- Angle de masquage maximum engendré par les montants : angle $\alpha_{\text{max}} = 6^\circ$



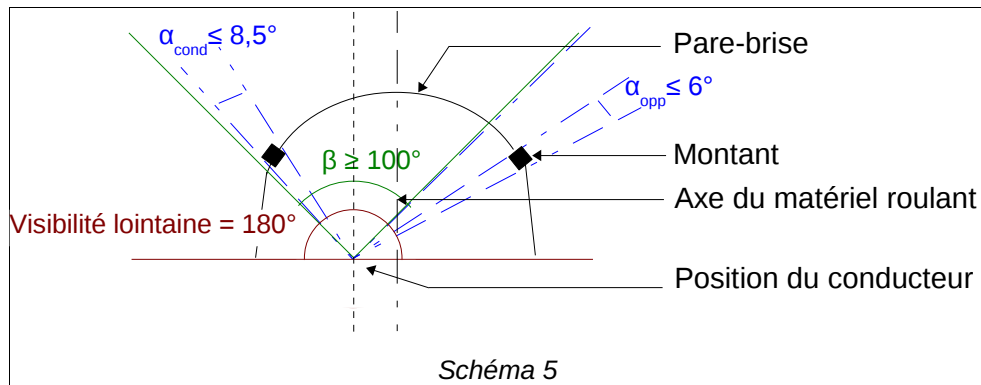
- Les montants doivent être placés à l'extérieur de l'angle de vision minimal β_{mini} .
- Dans la majorité des cas il n'y aura pas plus de deux montants dans le champ de vision défini par l'angle 180°. Si un troisième montant existe (présence d'un ouvrant latéral), il devra permettre de respecter la contrainte de visibilité du champ extérieur proche (paragraphe 3.3).

3.2.2. Conduite décalée

Le conducteur n'est pas centré sur l'axe de la rame.

Les conditions angulaires de visibilité qui suivent sont vérifiées sur un plan horizontal placé à hauteur des yeux du 5e et 95e percentile (cf Annexe II tableau des mannequins numériques).

- Limite du champ visuel gauche et droite : angle de 180° vers l'avant
- Angle sans obstacle $\beta_{\text{mini}} = 100^\circ$. Cet angle doit être placé de façon symétrique par rapport au conducteur.
- Angle de masquage maximum engendré par les montants :
 - montant côté conducteur $\alpha_{\text{cond-max}} = 8,5^\circ$
 - montant côté opposé au conducteur $\alpha_{\text{opp-max}} = 6^\circ$

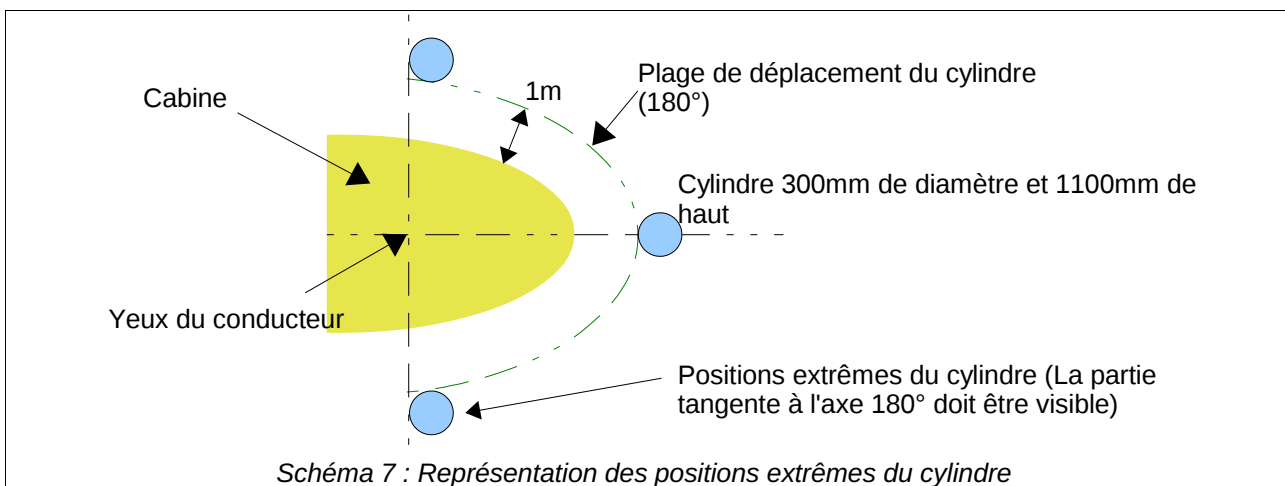
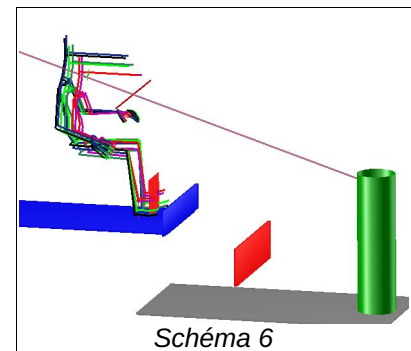


- Les montants doivent être placés à l'extérieur de l'angle de vision minimal β_{mini} .
- Dans la majorité des cas il n'y aura pas plus de deux montants dans le champ de vision défini par l'angle 180°. Si un troisième montant existe (présence d'un ouvrant latéral), il devra permettre de respecter la contrainte de visibilité du champ extérieur proche (paragraphe 3.3).

3.3. Champ extérieur proche

Un cylindre de 1100mm de haut et 300mm de diamètre posé au sol à 1 mètre de l'enveloppe maximale de la cabine (par rapport au bord du cylindre), sur un angle minimum de 180° centré sur l'axe de la cabine doit toujours être détecté par le conducteur.

Ce contrôle doit être réalisé pour les 6 mannequins avec l'angle dossier pris à 100° par rapport à l'assise.



3.4. Champ intérieur

Il s'agit du champ de vision en roulant qui concerne les informations données aux conducteurs. Ces informations sont les suivantes :

- x Tachymètre,
- x Signal alarme voyageur,
- x Interphonie voyageur,
- x Signalement des défauts (peut être un rappel positionné dans le champ défini ci-après),
- x Affichage des consignes des défauts
- x Ecrans de rétrovision (le cas échéant, selon définition du §3.5)

Ces informations sont à situer dans la zone inférieure à 35° ($\pm 15^{\circ}$) dans le plan horizontal. Dans le plan vertical, ces informations doivent être comprises entre 20° au-dessus de l'horizontal et 40° en-dessous.

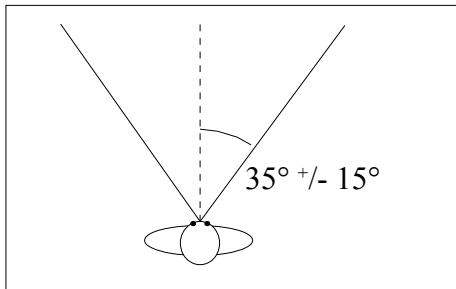


Schéma 8

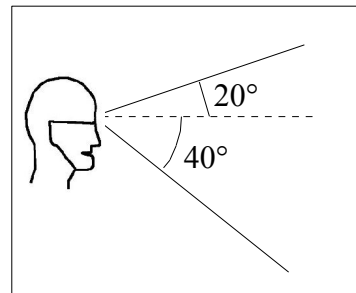


Schéma 9

- Le plan des facettes de la partie supérieure du pupitre de conduite doit former un angle compatible avec les tolérances de visibilité oblique de l'écran définies par son fournisseur pour tous les mannequins,
- Contraste élevé des signaux :
Le rapport de contraste, c'est-à-dire le rapport de la luminance de l'avant-plan par celle de l'arrière-plan, dans la situation où l'affichage émet de la lumière « active », ne doit jamais être plus bas que 3:1. Cependant un rapport optimum de 6:1 est recommandé.

3.5. Rétrovision

En station, la rétrovision doit permettre la détection d'un cylindre de 1100 mm centré sur l'axe de chaque porte et positionné au droit du quai.

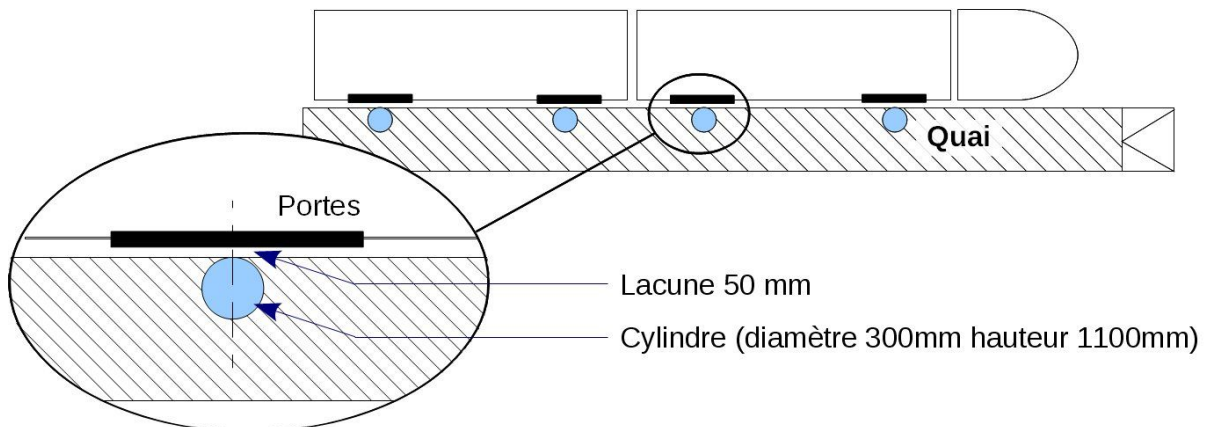


Schéma 10: contrôle de la rétrovision en station

Si la rétrovision se fait au moyen de caméras et d'écrans, alors :

- Les écrans de rétrovision doivent être positionnés dans le champ intérieur proche si la rétrovision peut être utilisée en mode conduite, en respectant l'angle de vision lié à la conduite (§3.4).
- La rétrovision doit être en couleur.
- La taille des écrans est de 19 cm minimum (diagonale de l'écran soit 7,5"). Les images de rétrovision sont positionnées en mode portrait.
- Le contraste et la luminosité des écrans de rétrovision doivent permettre une bonne discrimination des détails.
- La résolution des écrans et caméras doit être supérieure à 380.000 pixels.

4. Les contraintes posturales

L'ensemble des réglages principaux du siège (avance/recul, haut/bas, inclinaison, repose-pieds) doit pouvoir se faire en moins de 30 secondes.

4.1. Données d'entrée physiologiques (assise)

Position assise : angle d'assise possible 95° à 120° par rapport à l'horizontal

4.2. Le siège et l'assise

- Ils doivent répondre aux exigences de confort (définies au §2) et de visibilité.
- Si l'accès au siège du poste de conduite est difficile, le pivotement du siège doit être possible.
- Le point H du mannequin (cf Annexe II) doit être positionné par rapport au point SRP du siège donné par le fournisseur.
- Le siège doit être stable, et ne doit pas se dérégler en position de conduite.

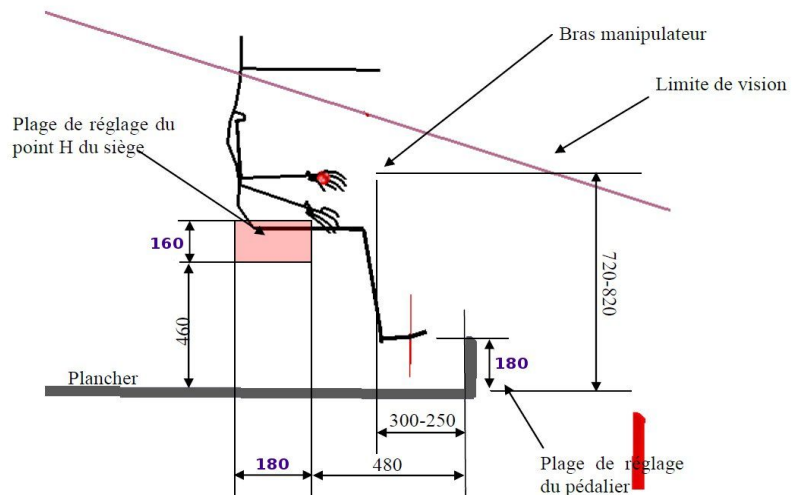


Schéma 11 : à titre informatif, illustration mettant en évidence sur une configuration type les trois plages de réglages : avance-recul, hauteur du siège et hauteur du pédalier.

Pour l'assise :

- Profondeur : 390-460mm
- Largeur totale : supérieure ou égale à 470mm
- L'angle d'inclinaison de l'assise (qui peut être fixe) doit être compris entre 0 et 10° (incliné à l'arrière)
- Largeur (partie plate dans zone du bassin) : supérieure ou égale à 430mm
- Présence d'un rembourrage latéral dans la zone du bassin
- Profondeur creux du siège : 10 à 20mm

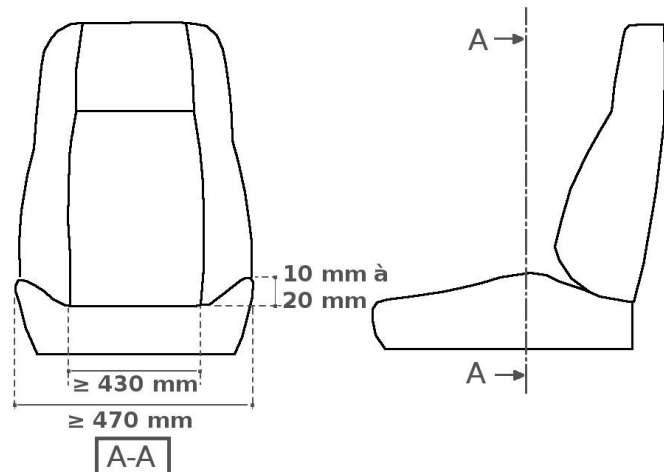


Schéma 12: Assise

Pour le dossier :

- Hauteur : 495-640mm
- Largeur totale : ≥ 470 mm pour permettre de légers mouvements du corps
- Inclinaison dossier : 20° vers l'arrière et 5° vers l'avant
- Largeur zone lombaire : 340mm mini
- Largeur vers colonne : 300mm mini
- Largeur zone épaules : 385mm mini
- Présence d'un rembourrage souple et respirant sur les zones lombaire et épaules

Pour le renforcement lombaire :

- Pré courbure de l'appui par rapport à la surface du dossier
- Le support lombaire doit être ajustable.

Pour les commandes :

- Des réglages pour la hauteur, l'avance et l'inclinaison d'assise sont nécessaires. Les diverses manettes d'ajustement doivent être situées à portée de main.

Pour les suspensions et amortissements du siège (conforme à la directive 2002/44/CE) :

- Il faut un système qui absorbe les chocs et à fréquence comprise entre 1 et 1,3Hz.
- Les suspensions doivent être réglables en fonction du poids.

Si le siège de conduite est pivotant :

- Plage d'orientation à définir selon la nécessité d'accessibilité.
- Le pivotement doit être limité par une butée.
- Verrouillage automatique de la position de conduite par encliquetage avec commande de déverrouillage aisément accessible.

Pour le repos des bras et des avant-bras :

- Conduite manipulateur : accoudoir relevable côté opposé au manipulateur (largeur > 60 mm).
- Conduite au pied : accoudoirs relevables des deux côtés (largeur \geq 60 mm).

4.3. Repose-pieds si conduite manuelle

Ce paragraphe s'applique lorsque la commande de traction – freinage s'effectue avec la main

4.3.1. Repose-pieds sans commande au pied

La taille du repose-pieds doit être au minimum de 600 mm de largeur par 400 mm de profondeur.

Une forme trapézoïdale du repose pied est possible. Dans ce cas, la grande base doit être supérieure ou égale à 600 mm tandis que la petite base doit être supérieure ou égale à 550 mm.

Le repose-pied doit être réglable en hauteur, celui-ci permettant l'appui des pieds de tous les mannequins numériques. Une semelle de 30 mm est à rajouter sous les pieds du mannequin afin de tenir compte des chaussures.

Si le réglage est discontinu, il doit comporter au moins 3 positions.

L'inclinaison du repose-pieds doit être comprise entre 10° et 25°.

4.3.2. Repose-pieds avec commande(s) au pied

A titre d'exemple, les commandes au pied peuvent être le gong, l'alarme/appeil de détresse.

Les exigences du paragraphe précédent s'appliquent en plus de celles qui suivent :

Mouvement de pied et rotation possible :

- Un espace de 12 cm entre les commandes au pied (exemple gong) doit permettre la mobilité des pieds (sauf conduite au pied).
- Une commande au pied avec appui du talon au sol doit avoir une hauteur par rapport au sol inférieure à 50 mm (norme AFNOR X35-105).

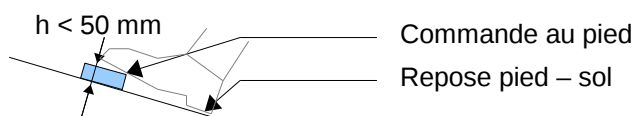


Schéma 13: commande au pied

La force d'appui de ces commandes devra être inférieure à 20N.

La commande éventuelle de veille au pied est traitée dans le paragraphe Veille.

Ces exigences ne concernent pas les commandes de réglages du repose pied.

4.4. Conduite au pied (positionnement des commandes)

La commande d'accélération et de freinage se fait au pied. Le mouvement du pied sur les pédales doit être rotatif et le talon du pied doit pouvoir s'appuyer sur le repose-pied.

La pédale d'accélération doit être placée à droite. La force d'appui doit être inférieure à 20 N.

La pédale de freinage doit être placée à gauche. Pour freiner en FNS ($< 1\text{m/s}^2$), le conducteur doit produire une force d'appui entre 20 et 60 N.

L'espacement entre les pédales de traction freinage doit être supérieur à 70 mm +/-10 en haut des pédales et 40 mm +/-10 en bas pour respecter les mouvements de la cheville du conducteur sans décoller le talon.

L'angle des pédales ne doit pas dépasser 35° par rapport à l'horizontal.

Les revêtements du sol et celui de la pédale de frein doivent posséder un antidérapant différent.

Les différents angles à respecter par rapport aux membres inférieurs sont les suivants :

- L'angle tronc-cuisses : de 95° à 130°
- L'angle du genou : de 90° à 135°
- L'angle de la cheville : de 90° à 110° .

La commande éventuelle de veille au pied est traitée dans le paragraphe suivant.

4.5. La commande de veille

Un dispositif permettant de s'assurer de la vigilance du conducteur doit être présent.

Celui-ci doit avoir les caractéristiques générales suivantes dans le cas d'une veille à appuis répétés :

- L'ergonomie sur la posture du conducteur vis à vis de l'atteinte de la veille est vérifiée par la simulation via les 6 mannequins numériques (manipulateur, bouton ou pédale).
- la force d'appui doit être inférieure à 2 N sur les commandes manuelles.
- La répétitivité doit être inférieure à 40 appuis par minute.

4.5.1. veille sur manipulateur linéaire

Il y a nécessité d'avoir plusieurs modes de préhension (poignet, doigt, ...) cohérents avec les contraintes biomécaniques.

4.5.2. Veille sur manipulateur rotatif

Positionnement confortable du poignet : Angle du poignet dans un plan vertical entre -10° et 30° et dans un plan horizontal entre -20° et 20° :

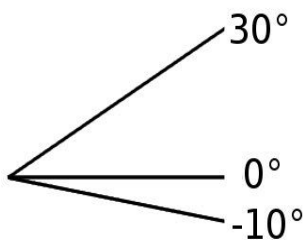


Schéma 15 : plan vertical

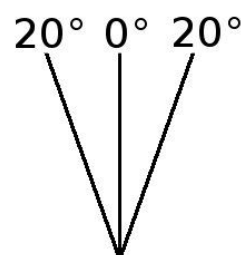


Schéma 14: Plan horizontal

Il y a nécessité d'avoir plusieurs modes de préhension (poignet, doigt, ...) cohérents avec les contraintes biomécaniques.

STRMTG	GUIDE TECHNIQUE	Version 1
	ERGONOMIE DES POSTES DE CONDUITE	Février 2012
		Page 12 / 21

4.5.3. Veille à la main non placée sur le manipulateur

L'implantation de la veille doit être compatible avec la position des 6 mannequins numériques.

Il y a nécessité d'avoir plusieurs positions des actionneurs de veille, dans le respect des angles définis dans le paragraphe précédent.

4.5.4. Veille au pied – conduite à la main

Si la veille s'effectue par un bouton à appui répété au pied, ce dernier doit être doublé par une commande manuelle du même type. La force d'appui de cette commande est alors comparable à celle des autres commandes manuelles.

Si la veille s'effectue par une commande à maintien d'appui¹, une position intermédiaire avec un point "dur" permet l'activation de la vigilance. Le dépassement de ce point dur ou le relâchement de la pédale entraîne la perte de la commande vigilance.

Ce "point dur" est tel que le conducteur, une fois le pied posé sur la veille, ne produit pas d'effort pour maintenir la pédale enfoncée dans cette position.

Le positionnement des mannequins numériques sur le poste de conduite doit être fait dans la position "vigilance activée".

4.5.5. Veille au pied – conduite au pied

La veille s'effectue par une commande au pied (pédale, plateau) à maintien d'appui². Une position intermédiaire avec un point "dur" permet l'activation de la vigilance. Le dépassement de ce point dur ou le relâchement de la pédale entraîne la perte de la commande vigilance.

Ce "point dur" est tel que le conducteur, une fois le pied posé sur la veille, ne produit pas d'effort pour maintenir la pédale enfoncée dans cette position.

Le positionnement des mannequins numériques sur le poste de conduite doit être fait dans la position "vigilance activée", au point dur de la course de la pédale.

4.6. Le manipulateur

Règle 1 : La position du manipulateur par rapport au déploiement du bras doit être située dans un endroit proche des capacités d'atteinte des segments et des limites articulaires (épaule, coude, poignet) pour limiter les efforts et contraintes : bras proche du corps, poignet non tendu en permanence vers l'avant.

Règle 2 : L'accoudoir ou le repose-bras est systématique. Il doit être proche du bras, à la bonne hauteur et laissant la mobilité ou le déploiement de ce dernier possible pour répondre aux contraintes liées aux angles anatomiques.

La position et le mouvement du manipulateur (linéaire ou rotatif) doivent être dans la continuité du mouvement naturel du bras, dans le respect des angles définis au §2 et vérifiés pour les 6 mannequins numériques.

Les poignées des manipulateurs rotatifs doivent avoir un diamètre compris entre 20 et 35 mm, une hauteur de tige compatible avec l'appui de l'avant-bras.

Le couple d'actionnement maximal du manipulateur rotatif est de 0,5 Nm max.

La force de mise en mouvement du manipulateur linéaire est de 4,5N max.

Il doit y avoir des crans entre neutre et traction, neutre et freinage, et passage au FU.

Le manipulateur relâché en traction entraîne a minima son retour au neutre

¹ La commande à maintien d'appui représente une commande qui ne demande pas de relâchement périodique de celle-ci mais bien un appui constant sur toute la phase de contrôle de vigilance.

² Idem 1

4.7. Commandes et contrôles

Les contrôles et les commandes nécessaires à la conduite doivent être identifiables et visibles jour et nuit.

4.7.1. Les commandes

Trois zones pour le positionnement des commandes sont identifiées :

Zones d'accessibilité	Description des actions à effectuer par le conducteur dans la zone considérée
1	- Rame en roulant : le conducteur est en position assise sur le siège du poste de conduite, regarde devant lui avec, le cas échéant une main posée sur le manipulateur et actionne les commandes qui sont visibles et à portée immédiate sans quitter son champ de vision. - Rame à l'arrêt : le conducteur actionne, depuis sa position assise, toutes les commandes de cette zone, notamment celles qui ne sont pas dans son champ de vision en roulant.
2	Le conducteur actionne, quelquefois , pendant un parcours, une commande , depuis son siège, en position assise .
3	Le conducteur actionne une commande peu fréquente et pour laquelle il peut être amené à se lever de son siège afin d'y accéder.

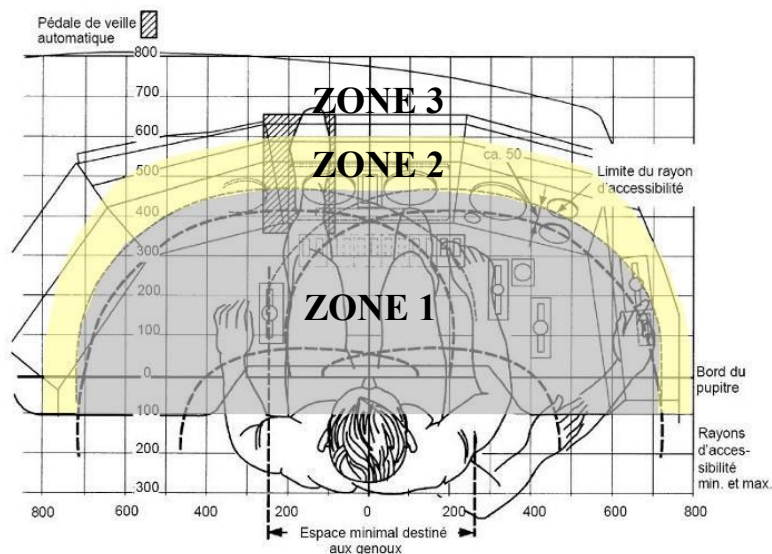


Schéma 16: Schéma basé sur celui de l'UIC 651 appendice I

Nota : les actions sur les commandes situées en zone 2 et 3 sont effectuées lorsque la rame est à l'arrêt.

La liste suivante n'a pas la prétention d'être exhaustive ni celle d'imposer les fonctions listées.

Toutefois, elle précise les exigences de positionnement pour les principales commandes si elles sont présentes dans le poste de conduite.

Le positionnement représente le minimum exigible : une commande "zone 2" peut être déplacée dans une zone plus restrictive (en "zone 1").

Le couplage de plusieurs commandes entraîne le positionnement dans la zone la plus restrictive des commandes choisies.

Le maintien d'appui nécessaire pour une commande peut exiger des positions particulières.

Les commandes situées au pied et sur le manipulateur de conduite sont considérées comme directement accessibles

FONCTIONS PRINCIPALES ZONE 1, rame en roulant

- Acquiescement alarme MR (alarme signalée sur la console)
- Acquiescement poignée alarme
- Appel phares
- Clignotants
- Commande aiguille
- Commandes portes (présélection)
- Commandes rétroviseur et rétrovision
- Commutation codes-phares
- Débrayage FU
- Essuie glace / Lave glace / dégivrage
- Gong/klaxon
- Feu détresse (côté opposé au manip.)
- Frein de sécurité
- Interphonie voyageur commerciale et alarme
- Manipulateur
- Patin magnétique
- Phonie PCC / appel détresse (y/c combiné RF : alternat mains libre)
- Pupitre SAE
- Sablière
- Sonnerie et phonie intercabine
- Veille

FONCTIONS PRINCIPALES ZONE 1, à l'arrêt

- Commande prise en compte carrefour
- Anti-brouillard (avant/arrière)
- Bouton commande changement rétro
- Changement de mode de prise d'énergie (pantographe, batterie, APS...)
- Commandes portes passagers (sélection côté, ouverture, fermeture...)

FONCTIONS PRINCIPALES ZONE 2

- Blocage des valideurs
- Commande pare-soleil (si électrique)
- Commande sono ext.
- Commutateur de conduite
- Commutateur isolement frein,
- Disjoncteur FS,
- Eclairage cabine
- Eclairage salle voyageur
- Graissage boudin
- Interphonie inter-cabine
- Lecture des pannes – commandes IHM
- Mode tortue / marche lente / conduite manœuvre
- Marche arrière,
- Moniteur vidéo surveillance (avec bouton sélection images caméras)
- RAZ console,
- Réglage consigne température/ventilation de la cabine conducteur.
- Surcouple démarrage

FONCTIONS PRINCIPALES ZONE 3

- Baisser – lever de pantographe.
- Commandes plombées (exemples : shuntage veille, isolement bogies...),
- Commande rideaux pare-soleil (si manuelle)
- Mise en service
- Orientation ventilation cabine
- Ouverture / fermeture porte cabine de conduite
- Poignée réarmement chasse corps
- Porte de service
- Rétroviseur salle (réglage)

Les commandes doivent respecter les règles suivantes :

- Norme X 35-101
- Norme X 35-105
- Être de bonne taille (supérieure ou égal à 1,9 cm),
- Avoir des espacements au moins égaux à la moitié de la taille de la touche ou du bouton poussoir retenu (en cas de boutons de tailles différentes, on considèrera la taille du bouton le plus petit)
- Les limites d'effort à appliquer aux organes de commande sont celles décrites dans la norme NF X 35-106.
- Quand il y a nécessité d'avoir plusieurs modes de préhension ou de réaliser des actions successives, il faut être cohérent avec les contraintes biomécaniques.

4.8. Dimensions du poste de conduite**4.8.1. Hauteur de la cabine**

- La hauteur de la cabine (plancher à plafond) doit être au minimum de 2000 mm.

4.8.2. Espace autour du conducteur

- Un espace en profondeur de 600 mm doit être prévu pour les membres inférieurs du 5e percentile entre le point SRP (point de référence du siège) du siège et le bord le plus proche du repose pied.
- La zone d'ouverture des genoux doit a minima être de 600mm pour assurer le confort du conducteur.
- Si la conduite est centrale : le conducteur doit pouvoir tendre les bras sur 180°.
- Si la conduite est excentrée : le conducteur doit pouvoir lever les coudes à 90°.

4.8.3. Accès au poste de conduite

- Lorsque la porte de loge est ouverte, le passage libre au niveau bassin/épaules doit être impérativement supérieur ou égal à 550 mm de large (porte battante) ou 500 mm de large (porte coulissante) par 1900 mm de haut.
- Un point d'assise pour l'accompagnant formateur doit être prévu.
- Un accompagnateur doit pouvoir rentrer dans le poste de conduite et refermer la porte, siège reculé au maximum, sans gêner le conducteur.
- L'entrée et la sortie du conducteur à son poste doivent pouvoir se faire de façon aisée

4.8.4. Rangements du poste de conduite

- Des rangements pour les outils de travail (agrès, extincteur, prise pour adapter un boîtier double-commandes, ...) doivent être prévus dans l'espace de la cabine.
- Une zone porte-manteau, sacoche et livret d'exploitation, facilement accessible au 5e percentile, est à installer.
- Les tailles des rangements doivent être adaptées aux éléments fournis par l'exploitant.

5. Ambiance de conduite

5.1. Pare brise, pare soleil et essuie glace

5.1.1. Pare-brise

Le conducteur ne doit pas être gêné par les reflets sur les vitres du pare brise.

Le pare brise doit être teinté.

Le pare brise ne doit pas dénaturer la couleur des signaux.

Le pare-brise et les deux vitrages latéraux doivent avoir un bon système de dégivrage et de désembuage.

Les vitres chargées en glace doivent pouvoir être dégivrées pendant le temps de préparation du véhicule afin de permettre une utilisation en toute sécurité.

5.1.2. Essuie-glace

Le tramway doit être équipé d'un système d'essuie-glace qui balaie une zone comprise entre les points suivants :

- Sur un plan horizontal placé à hauteur des yeux des mannequins numériques, entre les points situés à 40° de part et d'autre de l'axe de la cabine.
- Les points positionnés par rapport à l'angle de visibilité inférieur X et sur la même ouverture 40° de part et d'autre de l'axe de la cabine.
- Sur un plan vertical centré à hauteur des yeux des mannequins numériques et dans l'axe de la cabine, les points situés à 20° au-dessus de l'axe du regard et l'angle inférieur X (ce dernier avec une tolérance de 4°).

X est défini comme l'angle inférieur de visibilité permettant la vision du cylindre telle que définie dans le paragraphe 3.3 "visibilité extérieure proche".

On pourra s'inspirer d'un balayage du type de celui du schéma 17, qui illustre un parcours de balai(s) d'essuie-glace, avec les 6 points (en noir) définis ci dessus :

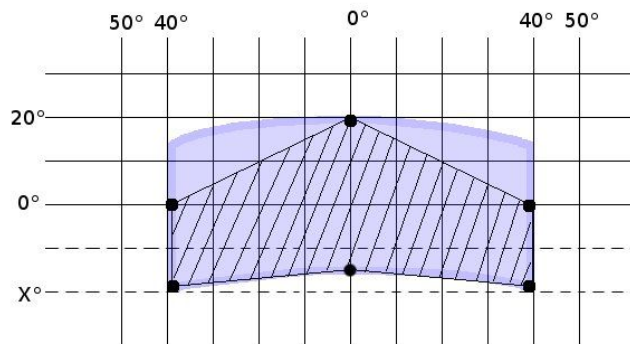


Schéma 17: en hachures, la zone de balayage minimale du ou des essuie-glaces

Le ou les essuie-glaces doivent avoir des vitesses variables.

Le ou les essuie-glaces doivent être positionnés sur les bords du pare-brise, lorsqu'ils sont inactifs ou en bas pour éviter d'être dans le champ de vision.

5.1.3. Protections solaires

- Des dispositifs de protections solaires (exemple pare-soleil, vitres teintées) doivent être disponibles pour le pare-brise et les vitres latérales.
- La zone des yeux des 6 mannequins numériques en position conduite doit être protégée des rayons direct du soleil.
- Leur déploiement ne doit pas gêner la visibilité extérieure. Des ajustements doivent pouvoir être faits par l'opérateur grâce à des manipulations simples pour les déployer ou les ranger.

5.2. Confort thermique

Les normes EN 14813-1 et EN 14813-2 doivent être respectées et en fonction des besoins, la norme NF ISO 7730 (Ergonomie des ambiances thermiques).

- Les buses et le débit de soufflage doivent être réglables et orientables. Ces buses sont positionnées pour ne pas gêner le conducteur. Les buses fixes sont tolérées dans la mesure où l'air insufflé ne présente pas de gêne pour le conducteur.
- La température et le débit d'air doivent pouvoir être réglés de façon indépendante des réglages de l'espace passagers.
- Chauffage possible au niveau des pieds.

5.3. Bruit

Les mesures de bruit sont à effectuer en cabine au niveau du conducteur.

Les niveaux de bruit admissibles doivent être compatibles avec les exigences formalisées dans le code du travail et la réglementation en vigueur.

Les enveloppes suivantes de bruit pourront être appliquées dans les projets (ventilation en vitesse basse) :

- inférieure ou égale à 60 dB(A) à l'arrêt,
- inférieure ou égale à 70 dB(A) à 50 km/h
- inférieure ou égale à 80 dB(A) à 70 km/h

Pour les bruits provenant des équipements de conduite :

- Idéalement, l'intensité doit pouvoir s'adapter automatiquement en fonction de l'intensité du bruit de fond environnant (ex : bip plus fort si la radio est en marche).

Recommandations pour le choix des fréquences des signaux :

- Pour éviter les effets de masque, il ne faut pas utiliser les fréquences pures. Il est donc conseillé d'utiliser soit une plage de sons étendue, soit un mélange de plages de sons étroites, chacune avec des fréquences bien séparées. Par exemple : on peut utiliser un mélange de deux plages de fréquences, l'une centrée sur 800 Hz, l'autre autour de 3000 Hz.
- Les signaux sonores retenus (par exemple anomalies, défaut système de veille automatique et fermeture des portes) doivent correspondre à des signaux dissemblables et discriminables (discontinu, continu et mono coup) ce qui va dans le sens d'une interprétation optimum du conducteur.

5.4. Éclairage / éclairement

- Afin d'éviter l'éblouissement perturbateur au poste de conduite, il faut éliminer du champ visuel de l'opérateur les sources éclairantes (lampes, prises de jour) ou les surfaces réfléchissantes ayant une très forte luminance (texture satiné ou brillante). L'éclairage de l'espace voyageur ne doit pas gêner la vision du conducteur.
- Des luminances différentes peuvent être gênantes pour l'opérateur. Lorsque l'éclairage de la cabine est activé, il est donc nécessaire de ne pas dépasser les rapports de luminance de 5 entre écran, clavier, documents et plan de travail et de 10 entre les éléments précédents et les autres éléments dans l'environnement de l'opérateur.
- La source lumineuse de l'éclairage de la cabine ne doit pas être dans le champ de vision du conducteur.
- Il ne doit pas y avoir de zone d'ombre sur le pupitre.
- Il est également prévu un éclairage permettant d'identifier les éléments du pupitre lors de la conduite de nuit.
- Il est recommandé d'utiliser des sources lumineuses ayant un indice de rendu des couleurs supérieur à 80.
- Une température de couleur adaptée aux niveaux d'éclairage de l'ordre de 3 000 à 4000 K est recommandée.
- Le papillotement, facteur de gêne, doit être éliminé.

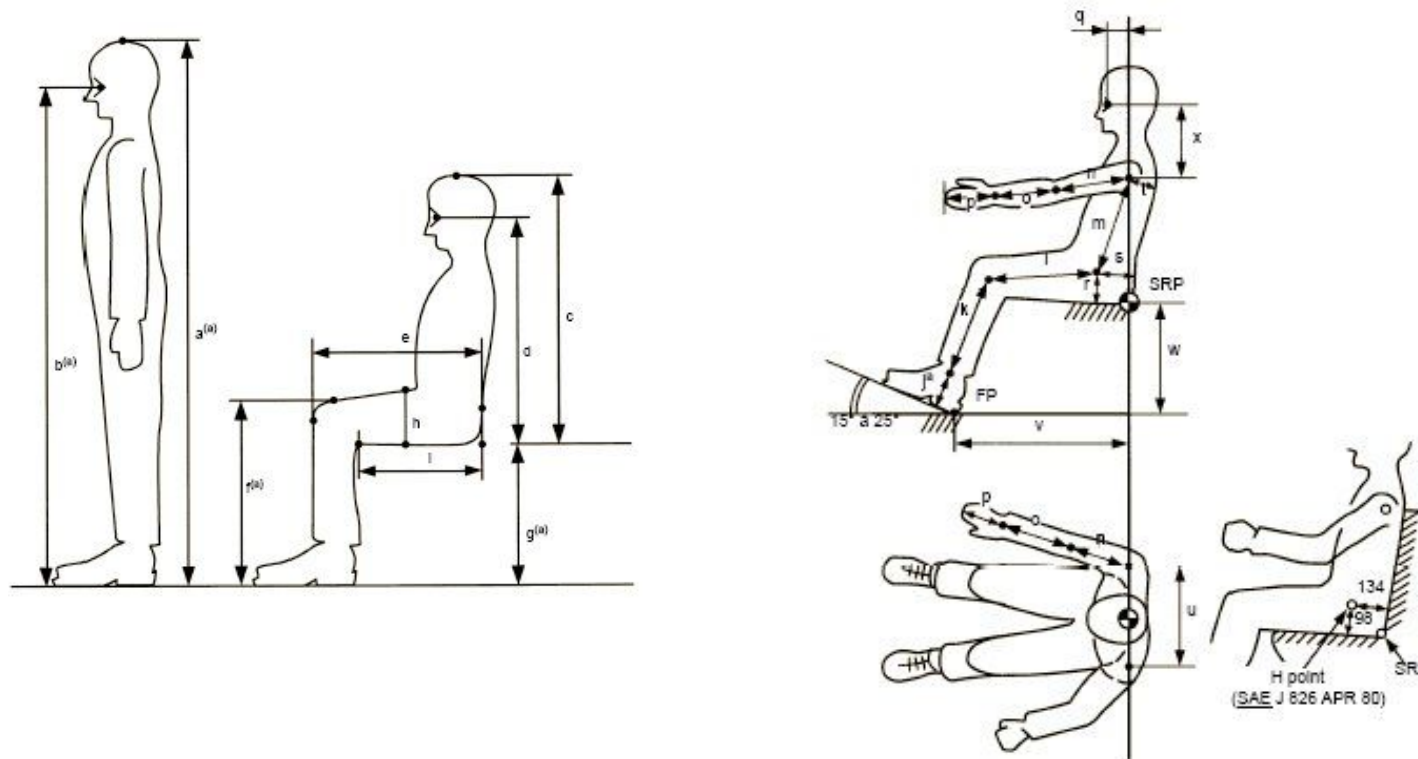
Un éclairage de la cabine, variable, doit permettre d'atteindre au minimum 150 lux au niveau du pupitre.

- Les éclairages ambiants susceptibles de créer des réflexions sur les dispositifs de signalisation doivent être installés selon des angles d'éclairage tenant compte des directions de regard fréquentes.
- En ce qui concerne les surfaces éclairées, les revêtements brillants qui sont générateurs de réflexions spéculaires gênantes sont à proscrire. Le plafond doit être de teinte assez claire (facteur de réflexion supérieur ou égal à 0,7). Les murs doivent avoir un facteur de réflexion inférieur ou égal à 0,5. Le sol doit avoir un facteur de réflexion inférieur ou égal à 0,3. Le plan de travail doit avoir un facteur de réflexion inférieur ou égal à 0,5.

ANNEXE I : Participants au groupe de travail

DEMMERLE	Eliane	TRANSAMO
DESSAIGNE	Marie-France	ERGONOMOS
PAGLIA	Carine	T2C
ARRAS	Michel	STRMTG/DTW
BEBON	Dominique	LOHR Industrie
BELLON	Christophe	CAF / CFD
BERLIOUX	Gérard	SEMITAG
BODIN	Nicolas	Transvilles
BOUYX	Patrice	RTM
BRUAND	Hervé	SEMITAN
CHOKOMERT	Philippe	UTP
DE WAROQUIER	Christian	KEOLIS
DUSSERRE	Alexandre	STRMTG/DTW
GUILLET	Didier	COTRA
MANDART	Didier	LOHR Industrie
METZGER	Jean-Louis	CTS
MIGLIANICO	Denis	ALSTOM
MORIZET	Jean-Pierre	STRMTG/BNE
MOYART	Luc	ALSTOM
PORTE	Nicolas	CAF / CFD
QUERE	Alain	KEOLIS
RAPHEL	Jacques	VEOLIA – ST2N
SCARAMUZZINO	Jean-Pierre	ALSTOM
SENEZE	Jean-Jacques	RATP

ANNEXE II
Définition des 6 mannequins numériques



	a	a ²	b ²	c	d	e	f ²	g ²	h	i	j ²	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	x	v ²	w ²
	Stature	Stature chaussée	Hauteur des yeux debout, chaussée	Hauteur d'assise	Hauteur des yeux assis	Longueur cuisse	Hauteur jambe, chaussée	Hauteur de l'assise, chaussée	Épaisseur cuisse	Longueur cuisse (creux poplité)	Distance cheville - semelle	Distance genou - cheville	Distance hanche - genou	Distance hanche - épaule (plan sagittal)	Distance épaule - coude	Distance coude - poignet	Longueur main		Distance verticale Hanche - SRP	Distance horizontale Hanche - SRP	Distance horizontale épaule - Œil	Distance épaule D - épaule G	Distance verticale épaule - Œil	Distance horizontale talon - SRP en posture de conduite	Distance verticale talon - SRP en posture de conduite
MIN	1600	1630	1530	840	740	555	530	425	120	440	110	365	390	425	255	230	175	76	77	108	107	305	240	550	400
MAX	1900	1930	1805	980	855	660	635	505	180	520	125	455	470	495	310	255	220	90	100	120	130	365	260	750	500
Homme Grand 1	1870	1900	1752	961	813	639	625	489			105	453	460	504	330	267	201		80	113	130	384	229	692	464
Homme Grand 2	1870	1900	1746	1020	866	611	598	462			107	425	428	548	317	255	195		80	117	131	390	238	656	434
Homme Moyen 1	1745	1775	1634	884	743	609	588	452			99	424	449	445	306	258	193		80	95	130	362	218	655	429
Homme Moyen 2	1745	1775	1624	981	830	563	545	409			102	377	395	517	286	237	182		80	102	132	372	233	596	380
Femme Petite 1	1501	1531	1397	791	657	524	492	356			88	338	394	371	249	226	171		80	64	131	324	206	548	333
Femme Petite 2	1501	1531	1391	851	711	496	465	329			90	309	361	416	236	213	164		80	69	132	330	215	511	303

² : mesure comprenant les chaussures