



HAL
open science

Rabatement & Distances de Sécurité

Patrick Gilliéron

► **To cite this version:**

Patrick Gilliéron. Rabatement & Distances de Sécurité. [Rapport de recherche] Indépendant. 2021.
hal-03148391v2

HAL Id: hal-03148391

<https://hal.science/hal-03148391v2>

Submitted on 12 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Rabattement & Distances de Sécurité

Patrick Gilliéron

chercheur indépendant

rdmfa.pgillieron@orange.fr

Résumé : *l'optique géométrique est utilisée pour identifier la relation entre les orientations des miroirs et les champs de vision des rétroviseurs intérieur et extérieur droit. Les orientations des miroirs étant adaptées aux meilleurs champs de vision possibles, les distances de sécurité sont utilisées pour repérer, sur le miroir intérieur, les positions sur la lunette arrière à partir desquelles le processus de rabattement peut s'effectuer sans contraindre le véhicule dépassé à réduire sa vitesse pour conserver sa distance de sécurité. L'apparition du véhicule dépassé dans le miroir extérieur ne garantit jamais une condition de rabattement qui permette au véhicule dépassé de conserver sa distance de sécurité sans être contraint de ralentir.*

1. INTRODUCTION – Conformément au **décret n°2003-293 du 31 mars 2003 - art. 2 JORF 1er avril 2003** [A], le rabattement du véhicule dépassant devant le véhicule dépassé doit s'effectuer sans provoquer le ralentissement du véhicule dépassé. Cette manœuvre nécessite de respecter des distances entre véhicules, dites de sécurité, qui sont fonctions de la vitesse, des conditions climatiques, de l'état des véhicules et des conditions physiques des conducteurs. Ces distances peuvent s'estimer visuellement, à partir des équations de l'optique géométrique, par identification des positions du véhicule dépassé sur le miroir du rétroviseur intérieur. Les résultats sont utilisés pour montrer l'intérêt d'utiliser le rétroviseur intérieur et démontrer les limites d'utilisation du rétroviseur extérieur.

2. DISTANCES DE SÉCURITÉ – La notion de distance de sécurité se définit comme la distance qui permet à un véhicule suiveur de s'arrêter sans impacter le véhicule suivi en cas de freinage appuyé. Ces distances se définissent mathématiquement à partir des équations de la mécanique [1] sur sol sec pour une décélération γ égale à -7m/s^2 et sont fonctions de divers paramètres dont l'état de santé du conducteur, l'année de mise en service du véhicule, l'état des pneumatiques, de la répartition des masses (véhicule chargé), du système de freinage, de son niveau d'usure et de divers équipements d'assistance tels que l'antiblocage des roues (ABS¹), l'assistance au freinage d'urgence (BAS²) ou le freinage automatique d'urgence³. Ces distances, préconisées par le code de la route et la prévention routière, sont rappelées dans le tableau 1.

Vitesse km/h	Distances ⁴ de séparation code de la route (m) [1, A]	Extrait du code de la route : " <i>l'intervalle à ménager entre les véhicules suivi et suiveur est, au moins, la distance que le véhicule suiveur parcourt en 2 secondes...</i> " [A]. <i>Les valeurs préconisées par le code de la route sont des ordres de grandeur déterminés en multipliant par 0.6 les valeurs de la vitesse exprimées en km/h. Ces valeurs sont à considérer sur sol sec (sans pluie, sans neige et sans verglas).</i>
50	30 (28)	
70	42	
90	54 (50)	
110	66 (62)	
130	78 (73)	

Tableau 1 – Ordres de grandeur préconisés par le code de la route. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs calculées à partir des équations de la mécanique établies pour un temps ou une durée de réaction $\delta t^r = 2$ secondes et une décélération du véhicule suiveur $\gamma = -7 \text{ m/s}^2$ [1].

¹ ABS de l'anglais Anti-lock Braking System et de l'allemand Anti-Blockier System, système d'antiblocage des roues.

² BAS de l'anglais Braking Assistance System, système pour compenser la tendance naturelle à ne pas appuyer suffisamment fort sur la pédale de frein.

³ Système qui ralentit automatiquement le véhicule lorsqu'une collision imminente est détectée.

⁴ Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs calculées arrondies à l'unité par excès.

3. LES HYPOTHÈSES – L'analyse s'effectue en référence à un habitacle simplifié de véhicule automobile pour lequel les rétroviseurs, la lunette arrière et les yeux du conducteur sont dans un même plan horizontal, voir la figure 1. Le miroir du rétroviseur intérieur est plan et vertical et libre de pivoter autour d'un axe vertical situé dans le plan longitudinal vertical du véhicule matérialisé par le point O ; il est orienté d'un angle σ par rapport au plan transversal de la lunette arrière de largeur $2L$. Cet angle est fonction de la position de l'axe du regard issu du milieu C de la droite qui joint les yeux du conducteur et défini par rapport à ses coordonnées a et b dans le repère (O, \vec{x}, \vec{y}) . Ce point C est par la suite désigné centre de vision. La valeur de a, distance du plan médian longitudinal du véhicule au plan médian longitudinal du siège avant est uniquement fonction des dimensions du véhicule, la valeur de b dépend de la grandeur du conducteur. La lunette arrière est considérée plane et verticale et située à la distance H du point milieu du miroir du rétroviseur. Des ordres de grandeur pour les véhicules des segments⁵ A à M1 sont fournis dans le tableau 2 [B].

	Segment A	Segment B	Segment C	Segment M1
Distance a (mm)	300	370	450	410
Distance H (mm)	1800	2000	1900	2200

Tableau 2 - Ordres de grandeur des paramètres a et H retenus pour les véhicules des segments A à M1 [B].

L'analyse s'effectue à partir des équations de l'optique géométrique pour lesquelles la longueur d'onde du rayon lumineux reste faible devant la taille des objets. Ces équations, issues du principe de Fermat pour un milieu homogène et isotrope, sont les lois de la réflexion pour un miroir.

Les angles d'incidence θ_1 et de réflexion θ_2 étant comptés par rapport à la normale à la surface du miroir, ces lois s'énoncent ainsi (figure 1) :

- les rayons incident et réfléchi sont dans le plan d'incidence⁶ ;
- les angles d'incidence θ_1 et de réflexion θ_2 sont égaux et de signes contraires.

L'image du point P se réfléchit au point S sur le miroir délimité par le segment AB pour se confondre avec l'axe du regard au point C tel que les angles θ_1 et θ_2 situés de part et d'autre de la normale au point S soient égaux. Dans les développements qui suivent, les angles θ_1 et θ_2 sont considérés en valeurs absolues.

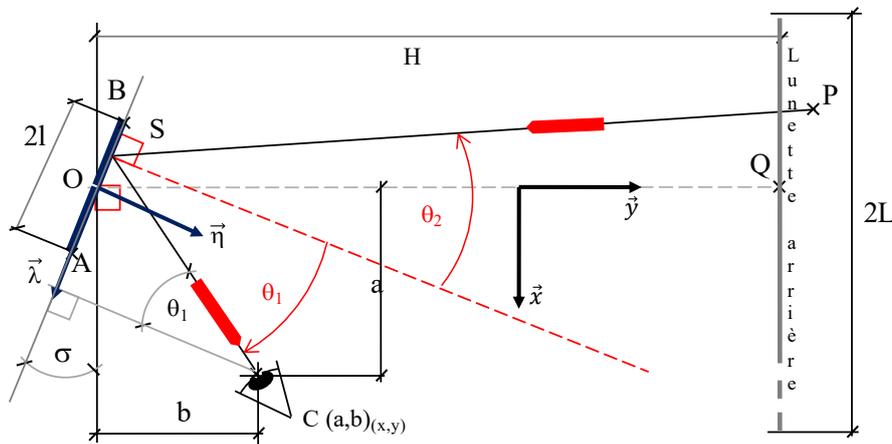


Fig. 1 – Principe de réflexion d'une image sur le miroir plan du rétroviseur intérieur. La perpendiculaire au miroir est représentée par une droite en pointillés (annexe 1).

4. ORIENTATION DU MIROIR – L'orientation du miroir doit permettre de visualiser la totalité de la lunette arrière de part et d'autre du point Q, milieu de la lunette arrière, figure 1. Le plan transversal du véhicule passant par le point O et le plan du miroir étant respectivement perpendiculaires

⁵ Segment : terme utilisé par les constructeurs automobiles pour positionner les véhicules en fonction de leur taille ou de leur usage. Ce terme n'a aucun rapport avec la notion de segment utilisée en mathématiques.

⁶ Plan qui contient le rayon incident et la normale à la surface (considérée plane dans le cas présent).

au plan médian longitudinal du véhicule et à la perpendiculaire au miroir, la condition pour que l'image du point Q, milieu de la lunette arrière se réfléchisse au point O, milieu du miroir, impose l'égalité des valeurs des angles d'incidence ou de réflexion avec l'angle d'orientation σ du miroir plan du rétroviseur (égalité des angles à côtés perpendiculaires), figure 2. Cet angle se détermine alors à partir des coordonnées (a, b) du centre de vision C dans le repère lié au véhicule (O, \vec{x}, \vec{y}) par égalité des angles alterne/interne situés de part et d'autre de l'axe du regard OC par la relation :

$$\sigma = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{a}{b}$$

Le conducteur étant assis symétriquement de part et d'autre du plan de symétrie longitudinal de son siège, l'abscisse a est uniquement fonction des dimensions latérales du véhicule. L'ordonnée b, fonction de la grandeur du conducteur, s'adapte par déplacement longitudinal du siège avant. Dans les développements qui suivent, l'angle d'orientation, noté α , est défini à partir de l'axe x et compté dans le sens trigonométrique pour supprimer toute convention inutile de signe (angle polaire), figure 3.

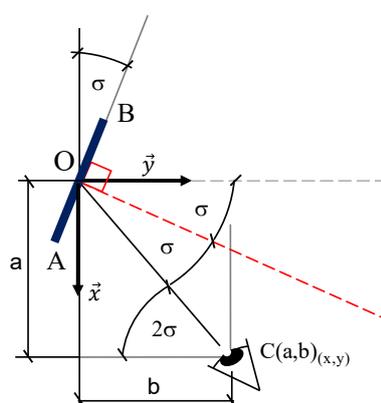


Fig. 2 – Adaptation de l'angle σ d'orientation du miroir.

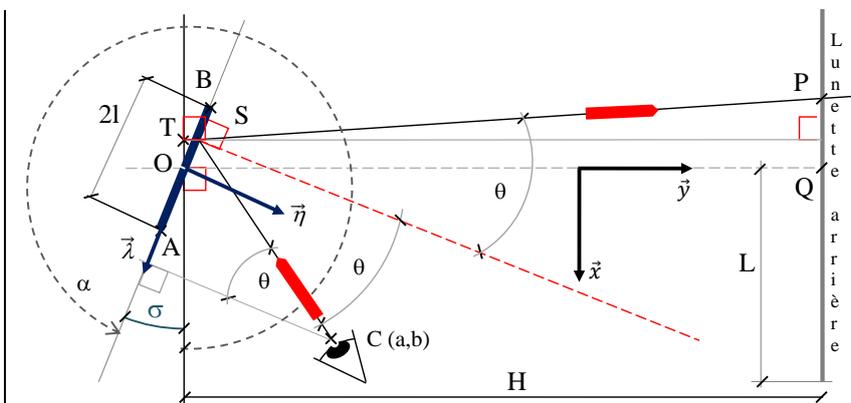


Fig. 3 – L'orientation du miroir intérieur est adaptée pour que l'image du milieu Q de la lunette arrière se réfléchisse au milieu O du miroir ($\sigma = 360^\circ - \alpha$).

5. CHAMP DE VISION – Le champ de vision offert par le miroir en fonction de son orientation α par rapport au plan transversal qui passe par le centre de rotation O se définit à partir de la distance qui sépare les points F et G sur la lunette arrière et nécessite de déterminer leurs coordonnées, figure 4.

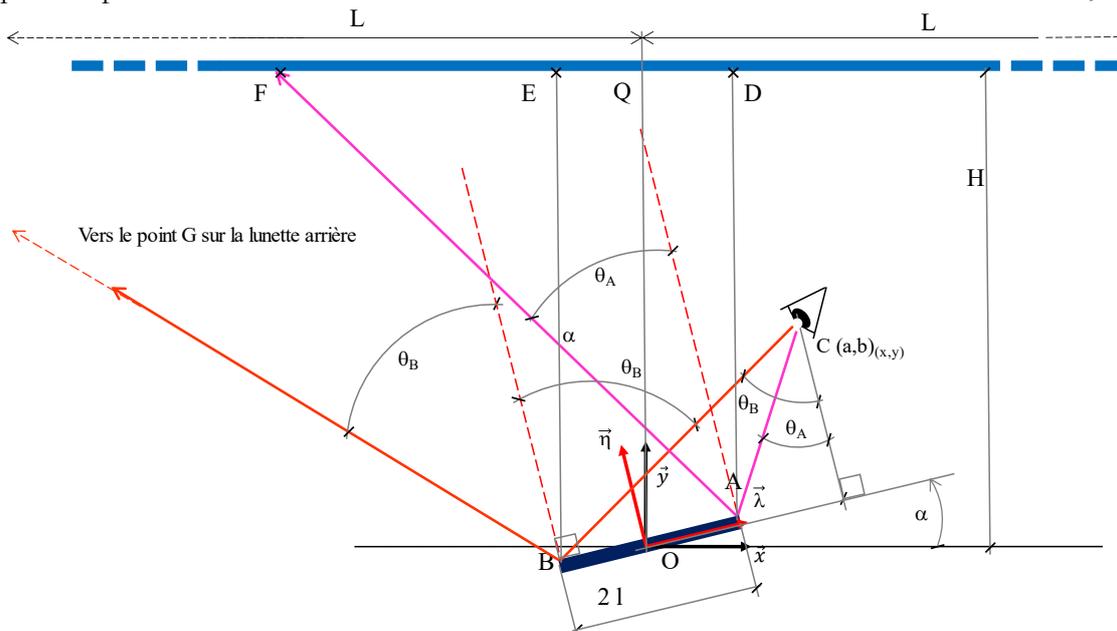


Fig. 4 – Les rayons incidents et réfléchis aux points A et B sont représentés en nuances de rouge, les perpendiculaires au miroir par des droites en pointillées (annexe 1). Les traits pleins de couleur bleue matérialisent le miroir intérieur et la lunette arrière.

La représentation de l'angle α est limitée au premier cadran pour réduire la dimension verticale de la figure.

5.1. ANGLES INCIDENTS ET RÉFLÉCHIS AUX EXTRÉMITÉS DU MIROIR INTÉRIEUR : les coordonnées du centre de vision C dans le repère du véhicule (O, \vec{x}, \vec{y}) étant données par :

$$C_{x,y} \begin{cases} x_C = a \\ y_C = b \end{cases}$$

le vecteur \vec{OC} , dans les repères (O, \vec{x}, \vec{y}) et $(O, \vec{\lambda}, \vec{\eta})$, s'exprime respectivement par :

$$\vec{OC} = a\vec{x} + b\vec{y}$$

$$\vec{OC} = (a * \cos \alpha + b * \sin \alpha) \vec{\lambda} + (-a * \sin \alpha + b \cos \alpha) \vec{\eta}$$

et les composantes du point C dans le repère $(O, \vec{\lambda}, \vec{\eta})$ sont données par :

$$C_{\lambda,\eta} \begin{cases} x_C = a * \cos \alpha + b * \sin \alpha \\ y_C = -a * \sin \alpha + b * \cos \alpha \end{cases}$$

Si \tan^{-1} désigne la fonction inverse (Arctan) de la fonction tangente, les angles θ_A et θ_B s'obtiennent à partir des relations suivantes :

$$\theta_A = \tan^{-1} \frac{a * \cos \alpha + b * \sin \alpha - l}{-a * \sin \alpha + b * \cos \alpha} \quad \theta_B = \tan^{-1} \frac{a * \cos \alpha + b * \sin \alpha + l}{-a * \sin \alpha + b * \cos \alpha}$$

Ces angles sont fonctions des paramètres géométriques a et b qui dépendent des géométries intérieure et extérieure du véhicule, de la grandeur du conducteur et déterminent la valeur de l'angle σ . Dans les développements qui suivent, les résultats s'obtiennent en référence aux dimensions d'un véhicule type du segment A (longueur entre 3.1 et 3.6 m) [B] pour lesquelles la longueur hors-tout permet de définir des préconisations minimales de positionnement des véhicules dépassés sur la lunette arrière (paragraphe 6). Les valeurs de ces dimensions sont reportées dans le tableau 1.

Grandeurs caractéristiques		Grandeurs caractéristiques	
Largeur du miroir du RI, 2l (m) :	0.22	Largeur du miroir du RE, 2l (m) :	0.14
Distance a pour le RI (m) :	0.30	Distance a pour le RE droit (m) :	1.20
Distance b (maxi) pour le RI (m) :	0.45	Distance b (maxi) pour le RE droit (m) :	0.55
Largeur lunette arrière 2L (m) :	1.00	Largeur véhicule (m) :	1.65
Distance milieu rétro (pt O) / culot :	2.20	Longueur véhicule (m) :	3.60
Distance OQ (m) :	1.80	Largeur voies route (m) :	3.50

Tableau 3 – Ordres de grandeur pour un véhicule du segment A (type Renault Twingo).

5.2. CHAMP DE VISION : les angles θ_A et θ_B précédemment obtenus permettent de définir le secteur angulaire du champ de vision :

$$\Delta\theta_{AB} = \theta_B - \theta_A$$

Les expressions analytiques des angles θ_A et θ_B faisant intervenir des fonctions trigonométriques et plus particulièrement des tangentes, le traitement numérique de leurs évolutions est, pour simplifier, préféré au traitement différentiel.

5.21 INFLUENCE DU PARAMÈTRE a - La distance a du plan médian longitudinal du véhicule au plan médian longitudinal du siège avant, comptée suivant la direction x, n'est fonction que des positions transversales des rétroviseurs intérieur et extérieur ; proche de 0.30 m pour le rétroviseur intérieur, cette distance atteint 1.20 m et plus pour les rétroviseurs extérieurs des véhicules les plus larges. Les valeurs intermédiaires entre 0.30 et 1.20 sont reportées sur la figure 5 uniquement pour caractériser les évolutions mathématiquement continues (courbes noires, ordonnée de gauche).

Pour des valeurs de b et 2l fixées, les angles α , θ_A et θ_B augmentent avec la distance a mais l'angle θ_A est toujours plus grand que l'angle θ_B et le secteur angulaire $\theta_B - \theta_A$ diminue avec l'augmentation de la distance des yeux au miroir, cas du rétroviseur extérieur, figures 5 et 6 ordonnées de gauche.

5.22 INFLUENCE DU PARAMÈTRE b - La distance b, comptée suivant y et comprise entre les plans transversaux passant par les yeux du conducteur et le centre de rotation du rétroviseur, n'est fonction

que de la grandeur du conducteur. Son amplitude, liée au déplacement longitudinal du siège avant, varie généralement de 0.15 à 0.25 m. Les évolutions reportées sur les figures 5 et 6 (ordonnées de droite) montrent que l'angle d'orientation α du miroir, les angles d'incidence et réfléchi θ_A et θ_B et le secteur angulaire $\theta_B - \theta_A$ diminuent lorsque la distance longitudinale b^7 des yeux au plan du miroir augmente. Le champ de vision associé au secteur angulaire $\theta_B - \theta_A$ varie quasi-linéairement en fonction du paramètre b (figure 6, ordonnée de droite) et ces angles augmentent avec l'angle d'orientation⁸ σ du miroir (figure 7).

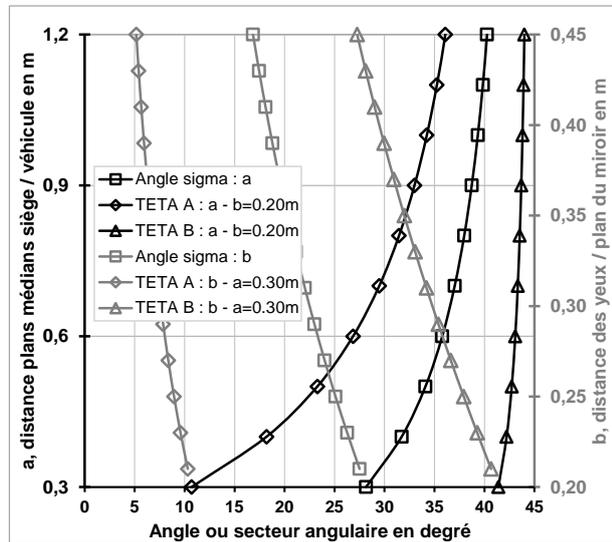


Fig. 5 – Évolutions des secteurs angulaires θ_A et θ_B en fonction des paramètres a ($b=0.20$ m) et b ($a=0.30$ m) : $2l=0.22$ m.

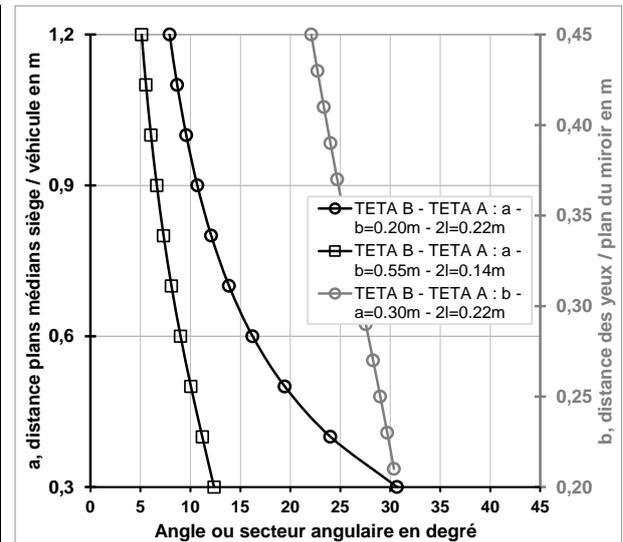


Fig. 6 – Évolutions du secteur angulaire $\theta_B - \theta_A$ en fonction de a ($b=0.20$ m) et b ($a=0.30$ m) : $2l=0.22$ et 0.14 m.

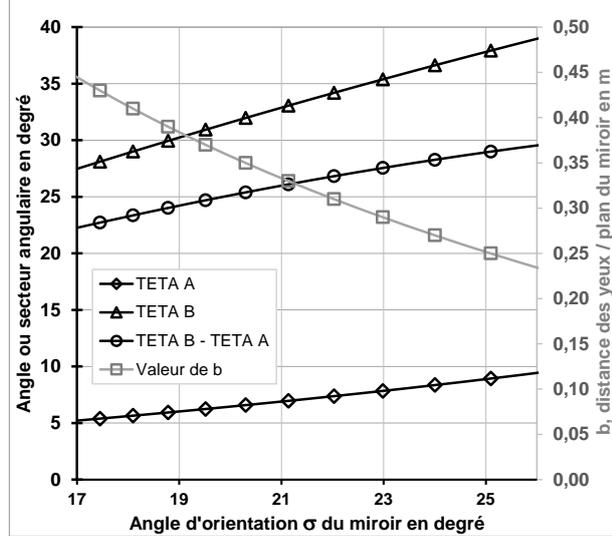


Fig. 7 – Évolutions des secteurs angulaires en fonction de l'angle $\sigma = 360^\circ - \alpha$ pour $a=0.30$ m et $2l=0.22$ m.

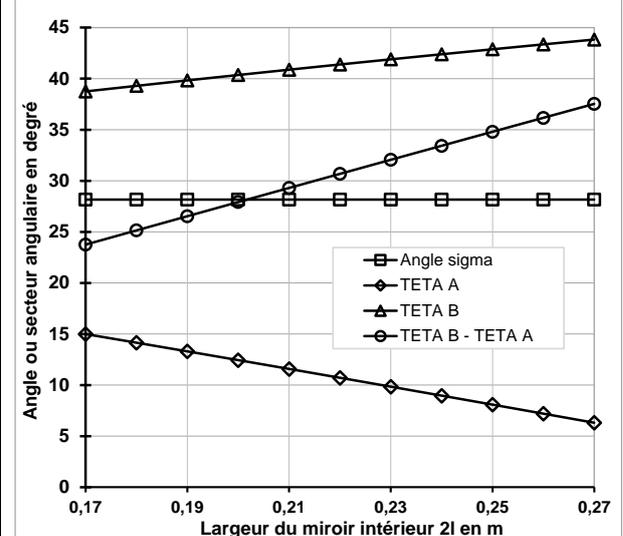


Fig. 8 – Évolutions des secteurs angulaires pour différentes largeurs $2l$ du rétroviseur intérieur pour $a=0.30$ m et $b=0.20$ m.

5.23 INFLUENCE DE LA LARGEUR DU MIROIR $2l$ – La largeur du miroir est fonction des dimensions du véhicule et doit permettre de visualiser l'ensemble de la lunette arrière. Lorsque la largeur du miroir intérieure notée $2l$ augmente, l'angle σ (noté sigma sur les figures 5 et 8) uniquement fonction des paramètres a et b , reste évidemment constant, l'angle θ_B augmente mais l'angle θ_A diminue. L'accroissement de l'angle θ_B s'avère cependant supérieure à la diminution de l'angle θ_A car le secteur

⁷ La distance b augmente avec la grandeur du conducteur.

⁸ Les valeurs des angles σ sont comptées par rapport à leurs compléments à 360° des angles α soit $\sigma=360^\circ-\alpha$, voir les figures 4 et 6.

angulaire $\theta_B - \theta_A$ augmente avec la largeur du miroir. Cet accroissement permet d'ajuster la dimension latérale du miroir à la distance qui sépare le centre de rotation O du miroir du plan transversal de lunette arrière. Pour les largeurs de miroir retenues pour les calculs, les évolutions des angles θ_A et θ_B et du secteur angulaire $\theta_B - \theta_A$ varient de manière quasi linéaire en fonction de la largeur $2l$, figure 8.

5.3. EXTRÉMITÉS DU CHAMP DE VISION SUR LA LUNETTE ARRIÈRE : les angles θ_A et θ_B permettent de définir le secteur angulaire du champ de vision délimité par les points F et G sur la lunette arrière dont les coordonnées s'obtiennent à partir de celles des points A et B, extrémités droite et gauche du miroir intérieur définies dans le repère (O, \vec{x}, \vec{y}) par (figure 4) :

$$A_{x,y} \begin{cases} x_A = l * \cos \alpha \\ y_A = l * \sin \alpha \end{cases} \quad \text{et} \quad B_{x,y} \begin{cases} x_B = l * \cos(\alpha + \pi) \\ y_B = l * \sin(\alpha + \pi) \end{cases}$$

Pour le point F et en remarquant que :

$$\vec{AF} = (x_F - x_A)\vec{x} + (y_F - y_A)\vec{y} = \|\vec{AF}\| \vec{u} \left(\alpha + \frac{\pi}{2} + \theta_A \right)$$

alors : $\|\vec{AF}\| \sin(\alpha + \theta_A) = x_F - x_A$ et $\|\vec{AF}\| \cos(\alpha + \theta_A) = H - y_A$

et : $F_{x,y} \begin{cases} x_F = x_A - (H - y_A) \tan(\alpha + \theta_A) \\ y_F = H \end{cases}$

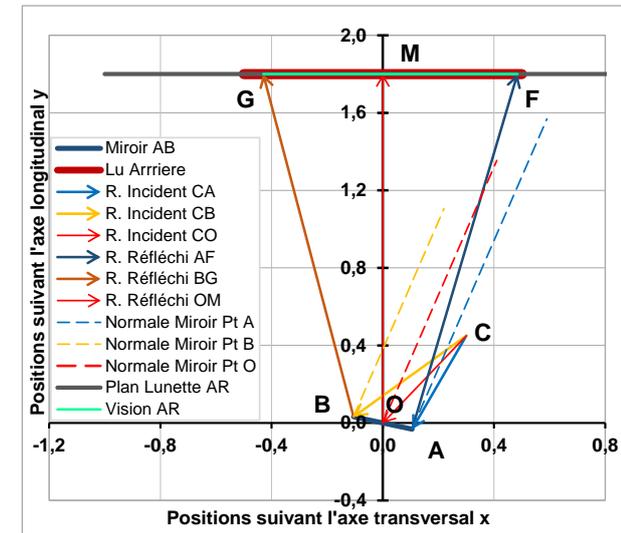


Fig. 9 - Champ de vision pour un véhicule du segment A. L'angle d'orientation du rétroviseur intérieur ($16,8^\circ$) est adapté pour que l'image du milieu de la lunette arrière coïncide avec le point O, milieu du rétroviseur intérieur : $a=0.30m$, $b=0.45m$.

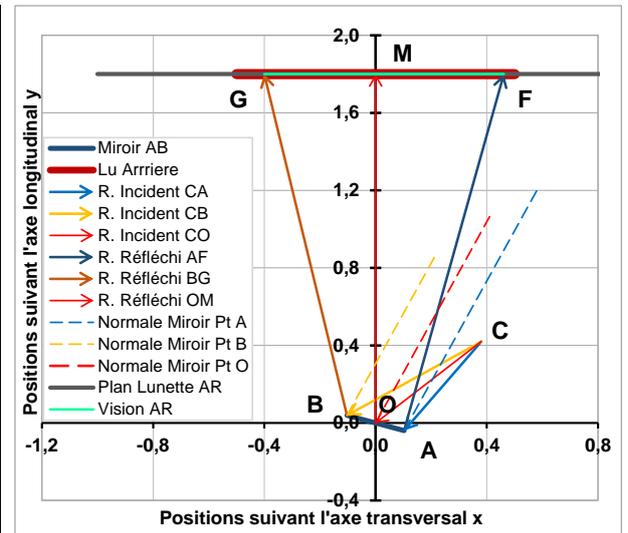


Fig. 10 - Champ de vision pour un véhicule du segment A. L'angle d'orientation du rétroviseur intérieur ($21,1^\circ$) est adapté pour que l'image du milieu de la lunette arrière coïncide avec le point O, milieu du rétroviseur intérieur : $a=0.38m$, $b=0.42m$.

De même, pour le point G :

$$\vec{BG} = (x_G - x_B)\vec{x} + (y_G - y_B)\vec{y} = \|\vec{BG}\| \vec{v} \left(\alpha + \frac{\pi}{2} + \theta_B \right)$$

alors : $-\|\vec{BG}\| \sin(\alpha + \theta_B) = x_G - x_B$ et $\|\vec{BG}\| \cos(\alpha + \theta_B) = H - y_B$

et : $G_{x,y} \begin{cases} x_G = x_B - (H - y_B) \tan(\alpha + \theta_B) \\ y_G = H \end{cases}$

Les coordonnées des points F et G permettent alors de définir et de tracer le champ de vision pour différentes valeurs des positionnements transversal et longitudinal a et b du centre de vision C, voir les figures⁹ 9 et 10 où le point M représente le milieu de la lunette arrière.

5.4. AJUSTEMENT DU CHAMP DE VISION : le secteur angulaire étant défini tel que l'image du milieu

⁹ Pour des raisons de dispositions graphiques du texte, des figures et des images, l'orthogonalité des droites n'est pas conservée sur les figures (échelles différentes suivant les directions x et y).

du miroir intérieur coïncide avec le milieu M de la lunette arrière, l'objectif suivant consiste à ajuster l'orientation du rétroviseur intérieur pour positionner les points F et G symétriquement de part et d'autre du point M contenu dans le plan de symétrie longitudinal du véhicule dépassant. En pratique, ce positionnement s'effectue par ajustements successifs par le conducteur.

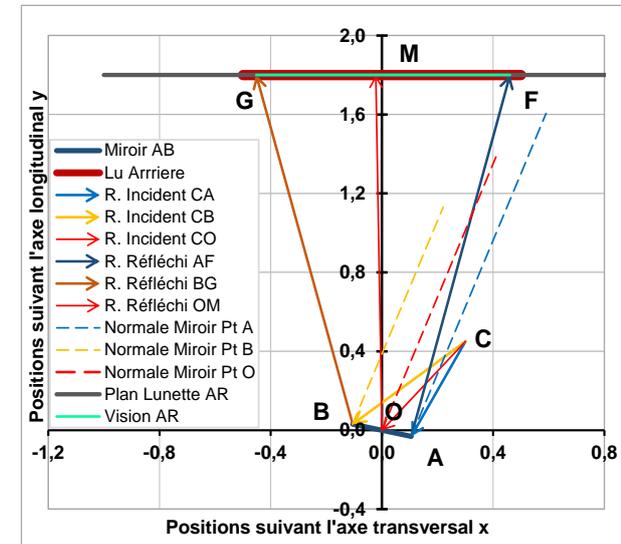


Fig. 11 - Champ de vision pour un véhicule du segment A. L'angle d'orientation du rétroviseur intérieur est corrigé de sa valeur $\Delta\alpha/2$ pour que le champ de vision décrive la totalité de la lunette arrière : $a=0.30m$, $b= 0.45m$.

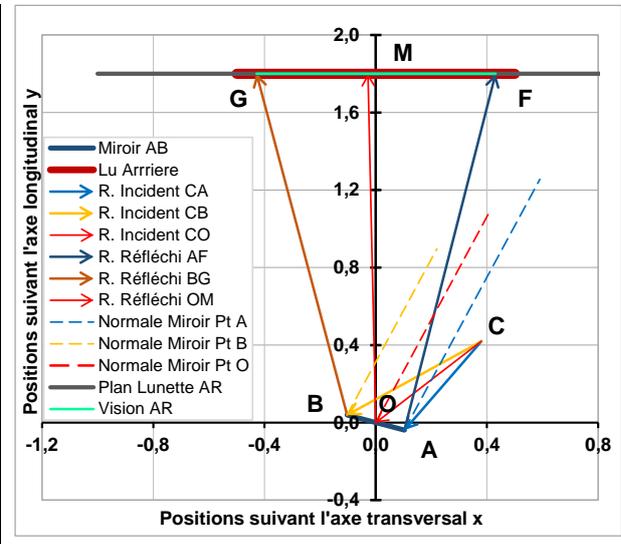


Fig. 12 - Champ de vision pour un véhicule du segment A. L'angle d'orientation du rétroviseur intérieur est corrigé de sa valeur $\Delta\alpha/2$ pour que le champ de vision décrive la totalité de la lunette arrière : $a=0.38m$, $b= 0.42m$.

La largeur du miroir du rétroviseur intérieur étant adaptée pour visualiser la totalité de la lunette arrière, l'ajustement s'effectue en déterminant la distance qui sépare le point F ou G le plus éloigné des bords gauche ou droit de la lunette (vue du conducteur assis). Cette distance étant déterminée, en choisissant de confondre le segment de droite associé à cette distance à un arc de cercle¹⁰ de rayon OF (ou OG), la rotation à effectuer autour du point O pour repositionner le point F (ou G) sur l'extrémité gauche (ou droit) de la lunette arrière est donnée par :

$$\Delta\alpha \approx \Delta_F * (x_F^2 + y_F^2)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{avec} \quad \Delta_F \approx d_F = x_F - L$$

Cette valeur n'est qu'une estimation car les amplitudes de variation des angles θ_A et θ_B ne varient pas proportionnellement aux valeurs de a et de b (voir le §5.1). En pratique, la rotation s'effectue en ajoutant (point F extérieur le plus éloigné) ou retranchant (point G extérieur le plus éloigné), par dichotomies successives, la demi-valeur de l'écart angulaire $\Delta\alpha$ recalculé à chaque itération jusqu'à atteindre un positionnement quasi symétrique du champ de vision par rapport au milieu de la lunette arrière, voir les figures 11 et 12 respectivement issues des figures 9 et 10.

6. CONDITIONS DE RESPECT DES DISTANCES DE SÉCURITÉ – Pour une largeur standard de voies d fixée à 3.5 m [2] et les distances de sécurité W préconisées par le code de la route (tableaux 1 et 4), le rabat du véhicule dépassant devant le véhicule dépassé doit s'effectuer lorsque l'angle γ est au plus supérieur à sa valeur déterminée par :

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{d}{W + w}$$

où w désigne la distance qui sépare le culot du véhicule dépassant du point O, centre de rotation du miroir du rétroviseur intérieur du même véhicule, voir la figure 13 et le tableau 4.

Basé sur la position du milieu de la face avant du véhicule dépassé, l'angle γ est indépendant de la largeur

¹⁰ Justifié car la distance d_f est petite devant la distance qui sépare le point F du point O.

du véhicule dépassé et sa valeur diminue avec la longueur qui sépare le rétroviseur intérieur du culot du véhicule dépassant. Les simulations étant effectuées sur la base d'un véhicule dépassant de petite longueur (segment A, distance du rétroviseur intérieur au culot la plus faible), les valeurs de cet angle sont alors à considérer comme des valeurs maximales.

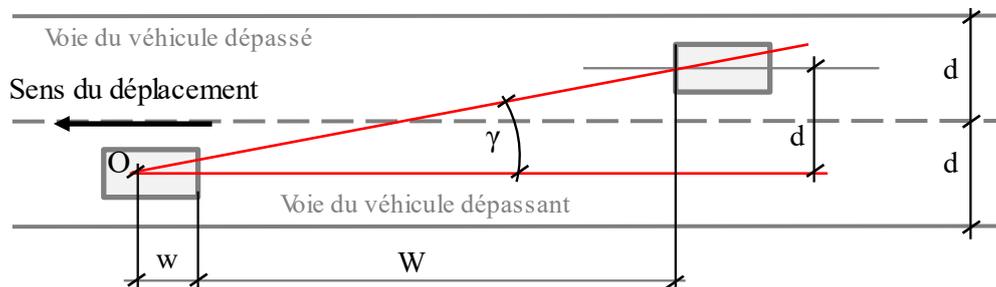


Fig. 13 – Angle γ entre la direction de déplacement et la droite qui passe par le milieu de la face avant du véhicule dépassé et l'axe vertical du centre de rotation O du miroir intérieur du véhicule dépassant.

Vitesse véhicule dépassé km/h	Distance W (m)	Dist. Rétro/Culot (m) véhicule dépassant	Angle γ en dg	% Lu. Arrière véhicule dépassant
50	25	2.2	7.33	-23
70	39	2.2	4.86	-15
90	50	2.2	3.84	-12
110	61	2.2	3.17	-10
130	72	2.2	2.70	-8

Tableau 4 – Angles γ entre la direction de déplacement et la droite qui passe par le milieu de la face avant du véhicule dépassé et l'axe vertical du centre de rotation O du miroir intérieur du véhicule dépassant. Les pourcentages de la colonne de droite, arrondis à l'unité, sont exprimés pour la largeur totale de la lunette arrière et le signe négatif est associé à la partie de la lunette située à droite du milieu de la lunette arrière (vue du conducteur du véhicule dépassant en position de conduite).

Vitesse en km/h	Positions / milieu de la partie droite de la lunette arrière	
	Calculées en %	Fractions estimées
50	46	Moitié
70	31	Tiers
90	24	Quart
110	20	Cinquième
130	17	Sixième

Pour chaque valeur de la vitesse du véhicule dépassant, les fractions de lunette arrière reportées dans la colonne de droite sont associées aux valeurs calculées, arrondies à l'unité, de la colonne du milieu. À noter que les angles γ diminuant avec la longueur du véhicule dépassant, les valeurs calculées et les fractions estimées de moitié de lunette arrière sont à considérer comme des maxima.

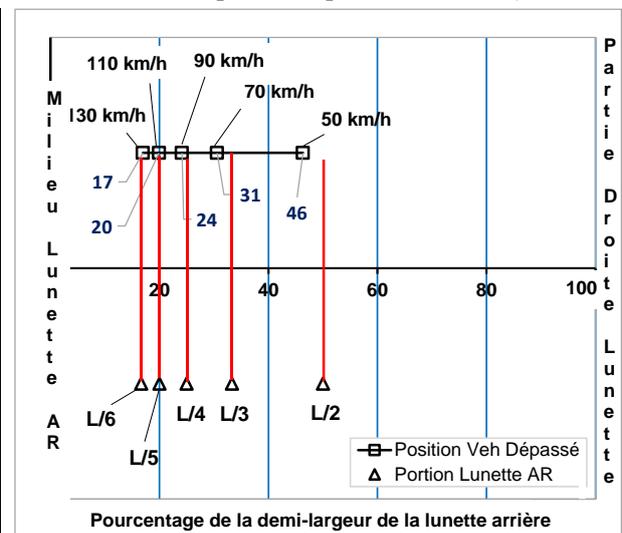


Fig. 14 – Positions du véhicule dépassé en pourcentage de la demi-largeur droite de la lunette arrière du véhicule dépassant associées aux respects des distances de sécurité en fonction de la vitesse du véhicule dépassé (vue sur le miroir intérieur).

Tableau 5 – Positions des milieux de la face avant du véhicule dépassé en pourcentage de la demi-largeur de la lunette arrière du véhicule dépassant pour différentes vitesses du véhicule dépassé.

Positions et pourcentages pour des visualisations effectuées par le conducteur du véhicule dépassant en position de conduite.

Ces positionnements, tous situés sur la moitié droite de la lunette arrière du véhicule dépassant, fournissent des indications visuelles rapides qui permettent au véhicule dépassant de se rabattre sans contraindre le véhicule dépassé à ralentir ou à freiner pour conserver sa propre distance de sécurité. Lorsque la vitesse du véhicule dépassé est de 50 km/h, le rabat peut s'effectuer lorsque le milieu du véhicule dépassé apparaît au quart de la lunette arrière (soit 50% de la moitié droite de la lunette arrière, figure 14 et tableau 5) ; à 110 km/h, le conducteur du véhicule dépassant devra attendre que le milieu

du véhicule dépassé franchisse la bande de largeur $L/5$ adjacente au milieu de la lunette arrière. Des repères visuels, parfois visibles sur les lunettes arrière des véhicules-écoles peuvent être positionnés sur la lunette arrière pour faciliter ce repérage.

7. DE L'UTILISATION DU RÉTROVISEUR EXTÉRIEUR – Les équations définies au paragraphe 5.1 permettent de déterminer l'évolution de la largeur du champ de vision à différentes distances en aval du culot du véhicule dépassant. Les calculs s'effectuent pour un miroir extérieur de largeur $2l = 0.14$ m et des distances a et b respectivement égales à 1.20 et 0.55 mètre (tableau 3).

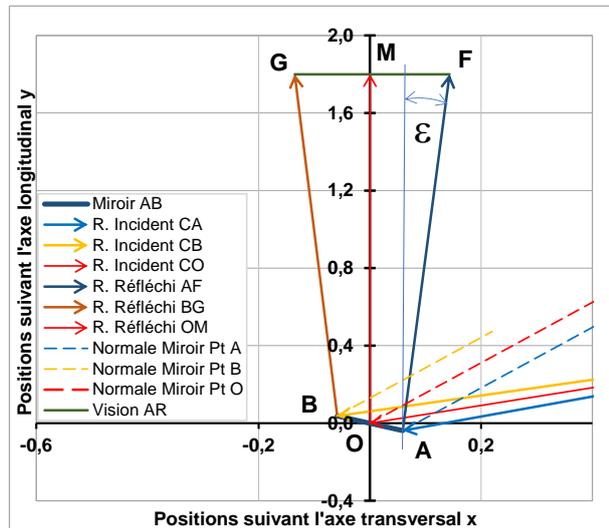


Fig. 15 – Champ de vision issu des équations établies au paragraphe 5. Le faisceau réfléchi AF interfère avec la partie latérale droite du véhicule dépassant.

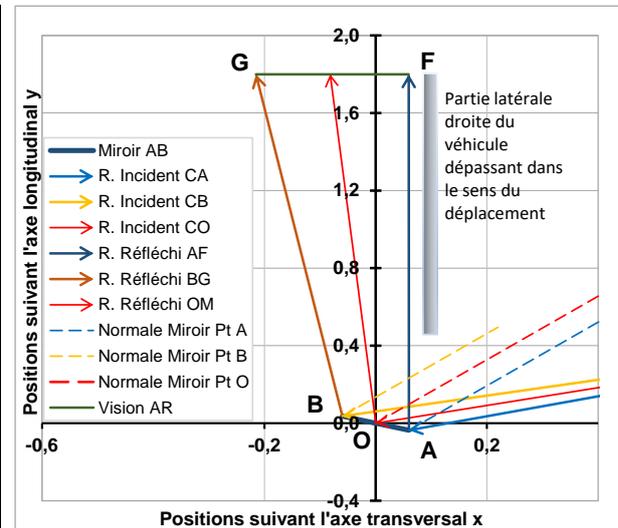


Fig. 16 – Champ de vision issu des équations établies au paragraphe 5 et corrigé pour limiter le champ de vision à la partie latérale droite du véhicule dépassant.

Le point C, centre de vision du conducteur, reporté sur la partie droite des figures 15 et 16, n'est pas représenté.

Le résultat issu du calcul reporté sur la figure 16 est corrigé de l'angle ε fait par la direction AF avec les directions de déplacement supposées parallèles des véhicules dépassant et dépassé. Cette correction s'effectue pour un angle ε donné par (voir la figure 15) :

$$\varepsilon = \tan^{-1} \frac{x_F - x_A}{y_F - y_A}$$

L'équation de la droite portée par le rayon réfléchi issu du point B donnée par :

$$y = r * x + s \quad \text{avec} \quad r = \frac{(y_G - y_B)}{(x_G - x_B)} \quad \text{et} \quad s = y_G - r * x_G$$

permet ensuite de déterminer les distances à partir desquelles le conducteur du véhicule dépassant commence à voir la partie gauche du véhicule dépassé puis la totalité de la face avant du véhicule dépassé respectivement associées aux points repérés I_G et I_B sur la figure 17. Les calculs sont effectués pour une distance de séparation relevée suivant y égale à 2.5 mètres entre le centre O de rotation du rétroviseur extérieur et le culot (annexe 2). Les distances au culot reportées sur la figure 17 doivent alors être considérées comme des valeurs maximales compte tenu des dimensions du véhicule et des largeurs de voies retenues pour la simulation (véhicule du segment A). Pour d'autres véhicules distincts du segment A, l'intersection de rayon réfléchi BG avec la partie gauche du véhicule dépassé s'effectuera pour des valeurs y inférieures.

À noter que la région située sous la droite BG de la figure 17 définit un secteur angulaire où le conducteur du véhicule dépassant ne perçoit pas encore le véhicule dépassé dans son rétroviseur extérieur ; à cette région est associé l'angle désigné « angle mort » repéré sur la figure 17. Pour les paramètres retenus, le secteur angulaire $\Delta\theta_{AB} = (\theta_B - \theta_A)$ est proche de 5 degrés (voir figure 6) et l'angle mort de l'ordre de 85 degrés.

L'influence de la distance entre le rétroviseur extérieur et le culot du véhicule dépassant sur le pourcentage de vision du véhicule dépassé de l'ordre du pour cent à 50 km/h devient inférieure à l'unité au-delà de cette vitesse (annexe 3).

Quelle que soit la vitesse du véhicule dépassé supérieure ou égale à 50 km/h, ces résultats montrent clairement qu'un rabattement effectué **lorsque le véhicule dépassé apparaît dans le rétroviseur extérieur ne permet pas de respecter les distances de sécurité préconisées par le code de la route** (17.8 m au mieux au lieu des 30 m préconisés à 50 km/h, voir le tableau 1, la figure 17 et l'annexe 2).

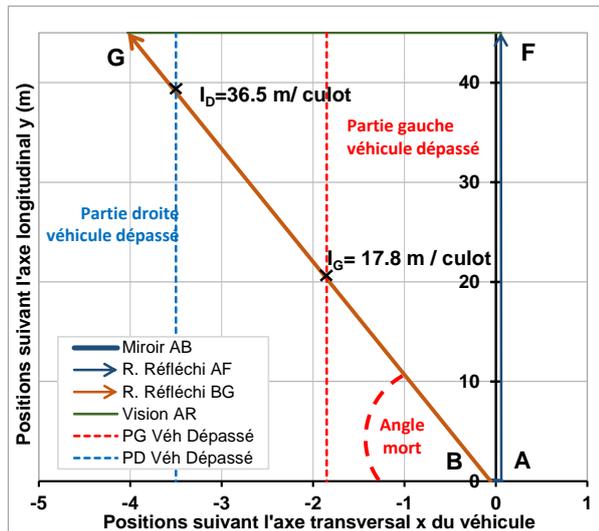


Fig. 17 – Positions des intersections du champ de vision FG issu du rétroviseur extérieur avec les parties gauche et droite du véhicule dépassé. Ces distances sont respectivement à minorer et à majorer pour des véhicules des segments B à M1 et plus. Le point repéré B représente la partie extérieure du miroir extérieur. Rappel : le véhicule dépassé est un véhicule du segment A.

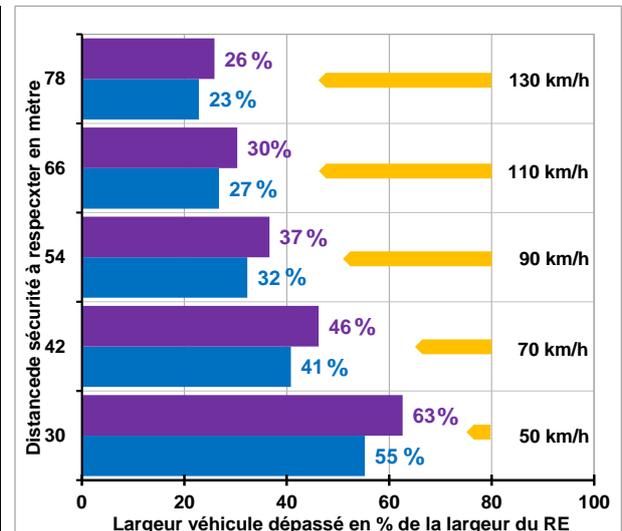


Fig. 18 – Largeurs du véhicule dépassé exprimées en pourcentage de la largeur du rétroviseur extérieur pour respecter les distances de sécurité en fonction de la vitesse du véhicule dépassé (bleu pour un véhicule du segment A, violet pour un véhicule du segment M1 ; largeur +0.22m pour un véhicule du segment M1/ véhicule du segment A, tableau annexe 2).

S'agissant enfin d'estimer le moment du rabattement qui permettrait au véhicule dépassé de conserver sa distance de sécurité, la largeur de l'image du véhicule dépassé rapportée à la largeur du miroir extérieur du véhicule dépassant fournit une information dont **l'utilisation pratique reste approximative en l'absence de marqueurs visuels**. À titre d'exemple et pour un véhicule dépassé qui se déplace à la vitesse de 110 km/h, le rabattement qui permettrait au véhicule dépassé de conserver sa distance de sécurité de 66 mètres doit s'effectuer lorsque son image représente près de 30% de la largeur du rétroviseur extérieur, voir la figure 18. Les pourcentages reportés sur cette figure varient avec la typologie des véhicules dépassé et/ou dépassant mais fournissent des ordres de grandeur.

8. CONCLUSION

Les équations de l'optique géométrique sont utilisées pour identifier la relation entre l'orientation des miroirs et les champs de vision des rétroviseurs intérieur et extérieur. Les angles d'orientation du miroir, les angles des rayons incidents et réfléchis augmentent tandis que le champ de vision diminue lorsque la distance transversale a qui sépare le centre de vision C du plan de symétrie longitudinal du véhicule augmente (cas du rétroviseur extérieur / rétroviseur intérieur). Ces angles et ce champ de vision diminuent lorsque la distance longitudinale b du centre de vision au plan du miroir augmente. L'augmentation de la largeur du miroir réduit les angles d'incidence et réfléchi du côté conducteur mais accroît ces angles du côté opposé (côté droit du miroir) ainsi que le champ de vision.

Les images des véhicules dépassés réfléchies sur le miroir intérieur positionnées sur la lunette arrière peuvent permettre au véhicule dépassant de se rabattre sans contraindre le véhicule dépassé à ralentir ou à freiner pour conserver sa propre distance de sécurité. Lorsque le véhicule dépassé se déplace à **50 km/h**, le rabat peut s'effectuer lorsque le **milieu du véhicule dépassé** apparaît au centre de la partie

droite de la lunette arrière soit **au quart droit de la lunette entière** vue du conducteur ; à **110 km/h**, le conducteur du véhicule dépassant doit attendre que le milieu du véhicule dépassé franchisse la **bande de largeur L/5 adjacente au milieu de la lunette arrière**.

L'utilisation du rétroviseur extérieur s'avère plus délicate d'utilisation compte tenu de l'éloignement du miroir et de ses faibles dimensions. Il est démontré que **l'apparition du véhicule dépassé dans le miroir extérieur ne constitue en aucun cas une condition de rabattement** qui puisse garantir au véhicule dépassé de conserver sa distance de sécurité sans ralentir. Pour des vitesses du véhicule dépassé respectivement égales à 50 et 110 km/h, le rabattement du véhicule dépassant doit s'effectuer lorsque la largeur du véhicule dépassé couvre au plus 63% et 30% de la largeur du rétroviseur extérieur du véhicule dépassant. Ces valeurs, difficiles à évaluer sans marques caractéristiques sur une largeur inférieure à 15 cm située à plus d'un mètre des yeux du conducteur, montrent l'intérêt de **privilégier les informations fournies par le rétroviseur intérieur**.

RÉFÉRENCES

- [1] Gilliéron P. ; Distances de sécurité & simulations, hal-03092409, janvier 2021.
- [2] Conseil National de la Sécurité Routière, Hôtel de Beauvau, 27 novembre 2012.

SITES WEB

- [A] <https://www.preventionroutiere.asso.fr/2016/03/30/tenir-ses-distances/>
- [B] <http://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-1277-les-differents-segments-du-marche.php>
- [C] <https://www.securite-routiere-az.fr/v/voie-de-circulation/>

NOMENCLATURE

2l	Largeur totale des rétroviseurs intérieur et extérieur, en m.
2L	Largeur de la lunette arrière, en m.
H	Distance entre les plans transversaux (plans y constants) du rétroviseur intérieur et la lunette arrière, en m.
a	Distance latérale entre les plans médians longitudinaux du siège avant du conducteur et du véhicule, en m suivant x.
b	Distance entre le plan transversal des yeux du conducteur et le plan transversal du rétroviseur, en m suivant y.
α	Angle polaire pour le repère (O, \vec{x}, \vec{y}) , en degré.
σ	Angle du plan du miroir avec le plan transversal ($y=\text{constante}$), en degré.
θ_A	Angle incident ou réfléchi au point A, extrémité gauche (côté conducteur) du rétroviseur, en degré.
θ_B	Angle incident ou réfléchi au point B, extrémité droite (côté passager avant) du rétroviseur, en degré.
\tan^{-1}	Fonction inverse de la fonction tangente.
d	Largeur standard de voie routière, en m.
w	Distance entre le centre de rotation O du miroir intérieur et le culot du véhicule, en m.
W	Distance entre le culot du véhicule dépassant et l'avant du véhicule dépassé dans la direction x du déplacement, en m.
\vec{u}	Vecteur unitaire porté par la droite (AF).
\vec{v}	Vecteur unitaire porté par la droite (BG).
r	Pente de la droite qui joint le point B, extrémité droite du rétroviseur extérieur, au point G, extrémité droite du champ de vision, vues du conducteur en position de conduite.

s	Constante pour la droite de pente r.
γ	Angle entre la direction de déplacement et la droite qui passe par le milieu de la face avant du véhicule dépassé et l'axe vertical du centre de rotation O du miroir intérieur du véhicule dépassant, en degré.
ε	Angle entre le rayon réfléchi au point A et la direction du déplacement y, en degré.
Δ	Accroissement.
δt^r	Temps ou durée de réaction, en seconde.
RI	Rétroviseur Intérieur.
RE	Rétroviseur Extérieur.

ANNEXE 1

Détermination des perpendiculaires aux miroirs

- Perpendiculaire au miroir passant par le point A

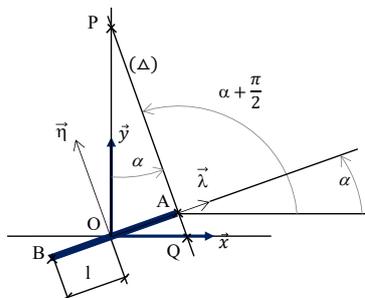
$$\tan \alpha = \frac{x_Q}{y_P} \text{ avec } \cos \alpha = \frac{l}{x_Q} \rightarrow x_Q = \frac{l}{\cos \alpha}$$

$$\text{De } \frac{dy}{dx} = \tan\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{1}{\tan \alpha} \rightarrow y = -\frac{x}{\tan \alpha} + cte \rightarrow -\frac{1}{\tan \alpha} \frac{l}{\cos \alpha} + cte = 0 \rightarrow cte = \frac{l}{\sin \alpha}$$

$$\text{et } y = -\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} x + \frac{l}{\sin \alpha}$$

- Perpendiculaire au miroir passant par le point B

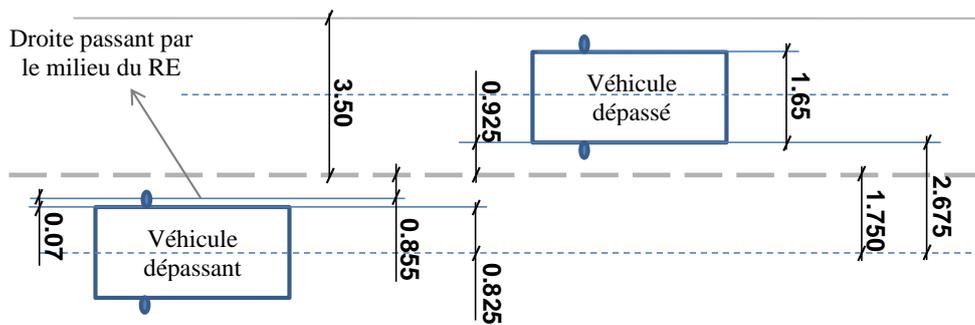
$$\text{Un raisonnement identique conduit à l'équation : } y = -\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} x - \frac{l}{\sin \alpha}$$



ANNEXE 2

Valeurs de référence retenues pour les simulations – Les valeurs des différentes grandeurs géométriques retenues pour les simulations sont reportées dans le tableau et la figure ci-dessous.

	Segment A	Segment M1
Longueur (m) :	3.60	4.85
Largeur (m) :	1.65	1.87
Dist. centre RI / culot suivant y (m) :	2.20	2.85
Dist. centre RE / culot suivant y (m) :	2.50	3.15
Largeur voie standard (m) :	3.50	3.50
Espacement latéral entre 2 véhicules identiques (m) :	1.85 (hors rétro)	1.63 (hors rétro)



Dimensions caractéristiques pour les véhicules dépassant et dépassé du segment A et une largeur de voie standard [C]. Le schéma est sans échelle et la proportionnalité géométrique n'est pas respectée. L'unité est le mètre (m).

ANNEXE 3

Influence de la longueur du véhicule dépassant – L'objectif est ici de caractériser l'influence de la distance entre le rétroviseur extérieur et le culot du véhicule dépassant sur le pourcentage de vision du véhicule dépassé dans le miroir du rétroviseur extérieur.

Pour un accroissement de longueur Δy (tableau annexe 2) de la distance qui sépare le milieu du rétroviseur extérieur du culot du véhicule dépassant, le maintien de la distance de sécurité nécessite un élargissement du champ de vision Δx donné par :

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{r}$$

avec r , la pente de la droite qui joint le point B, partie latérale droite du rétroviseur extérieur du véhicule dépassant, au point G, figures 15 et 17.

Pour la différence des distances relevées entre le rétroviseur extérieur et le culot des véhicules dépassant des segments A et M1 reportées dans le tableau de l'annexe 2, soit 0.65 m d'une part et les distances de sécurité et les vitesses des véhicules dépassés reportées dans le tableau 1 d'autre part, les variations du champ de vision sont alors exprimées en pourcentages du rétroviseur extérieur de largeur $2l=0.14$ m. De l'ordre de 1% pour un véhicule dépassé qui se déplace à 50 km/h, cette variation est, au-delà de cette vitesse, sans influence sur les valeurs entières des pourcentages reportées figure 18.

Évolutions de septembre 2022 par rapport à la version de mars 2021 :

- Page 4, tableau 3, les valeurs ont été actualisées et 3ème colonne, lignes 3 et 4 : a été ajouté « droit » pour le rétroviseur extérieur (côté passager). Toutes les figures (de 5 à 12, de 15 à 18) ont été mises à jour.
- Page 5, les valeurs de paramètres constants a , b et $2l$ (largeur du miroir) quand b , a ou $2l$ varient ont été ajoutées dans les légendes des figures 5 à 8.
- Les légendes des rayons réfléchis des figures 9, 10, 11, 12, 15, 16 et 17 ont été actualisées : AF au lieu de AG et BG au lieu de BH.
- Page 9, au niveau de la troisième ligne du paragraphe situé entre les figures 15-16 et 17-18, la partie du texte « suivant le protocole décrit au paragraphe 5.4 » a été supprimée.
- Sur la figure 17, a été ajouté le secteur angulaire associé à l'angle mort et un texte de 3 lignes, positionné en second paragraphe, a été ajouté à la page 10 « *À noter que la région située sous la droite BG de la figure 17 définit un secteur angulaire où le conducteur du véhicule dépassant ne perçoit pas encore le véhicule dépassé dans son rétroviseur extérieur ; à cette région est associé l'angle désigné « angle mort » repéré sur la figure 17.* »
- Page 12, les dimensions du schéma pour les dimensions caractéristiques ont été modifiées.
- Des précisions et/ou ajouts ont été apportés pour enrichir l'ensemble du document et/ou préciser certains points.