



HAL
open science

Déboîter pour dépasser

Patrick Gilliéron

► **To cite this version:**

| Patrick Gilliéron. Déboîter pour dépasser. [Rapport de recherche] Indépendant. 2022. hal-03775116

HAL Id: hal-03775116

<https://hal.science/hal-03775116>

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

Déboîter pour dépasser

Patrick Gilliéron, chercheur indépendant
rdmfa.pgillieron@orange.fr

Résumé : *L'optique géométrique est utilisée pour identifier le secteur angulaire arrière couvert par le rétroviseur extérieur du côté conducteur et visualiser la circulation sur la voie du dépassement. À ce secteur angulaire est associé un angle mort, proche de 80 degrés, où tout véhicule dépassant disparaît progressivement de l'avant gauche à l'arrière droit à l'approche du véhicule dépassé. Les résultats montrent que l'utilisation du rétroviseur extérieur gauche permet difficilement d'estimer les distances, fonctions de la vitesse, qui permettraient de s'insérer dans la file de gauche sans contraindre un véhicule arrière dépassant à ralentir ou à freiner pour conserver sa distance de sécurité. L'utilisation généralisée de capteurs d'obstacles et de télémètres pourrait constituer une avancée pour la sécurité.*

1. INTRODUCTION – Le processus de dépassement s'appuie sur un protocole réglementé par les **articles R 414-4 à R 414-17 du code de la route** [A]. D'après ces articles, le dépassement doit s'effectuer lorsque la signalisation le permet, lorsque la visibilité vers l'avant est suffisante et sans gêner la circulation inverse. Le véhicule désirant dépasser doit s'assurer de **ne pas faire soi-même l'objet d'un dépassement**, que le dépassement peut s'effectuer sans danger, sans risque d'heurter le véhicule à dépasser et après avoir averti de son intention. L'écart de vitesse avec le véhicule à dépasser doit de plus être suffisant pour permettre le dépassement dans un temps suffisamment bref et lorsqu'il est possible de reprendre une place dans le courant normal de circulation sans gêner et faire ralentir le véhicule à dépasser [1]. Durant le dépassement, le conducteur du véhicule dépassé doit serrer sa droite sans accélérer l'allure (article R. 414-6 du code de la route).

Le processus de dépassement commence par un déboîtement, est suivi d'un parcours parallèle au déplacement du véhicule dépassé et se termine par un rabattement devant le véhicule dépassé [1]. Le déboîtement s'effectue en utilisant les rétroviseurs intérieur et extérieur qui doivent respectivement permettre de **vérifier** que le véhicule suiveur n'a pas déjà engagé de dépassement et **qu'aucun dépassement, venant de l'arrière, n'est en cours**. Si les informations issues du rétroviseur intérieur permettent de visualiser le véhicule arrière, celles issues du rétroviseur extérieur ne permettent cependant pas d'accéder à l'ensemble du domaine situé en arrière du plan transversal qui contient les sièges avant. Ce domaine, non couvert par la vision sur le rétroviseur extérieur, est ainsi associé à un secteur angulaire couramment désigné « angle mort ». Le conducteur doit alors tourner la tête vers l'arrière gauche pour visualiser une partie avant du secteur non couvert par le rétroviseur extérieur. L'identification et les risques associés à cet angle mort font l'objet du présent article.

2. LES HYPOTHÈSES – L'analyse s'effectue en référence à un habitacle simplifié de véhicule automobile pour lequel le rétroviseur et les yeux du conducteur sont dans un même plan horizontal, voir la figure 1. Le miroir du rétroviseur extérieur est plan et vertical, libre de pivoter autour d'un axe vertical matérialisé par le point O et orienté d'un angle σ par rapport au plan transversal perpendiculaire au plan de symétrie longitudinal du véhicule. 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 transversale du centre de vision C au plan longitudinal qui passe par le point O, milieu transversal du miroir extérieur, est uniquement fonction des dimensions du véhicule et la valeur de b dépend de la grandeur du conducteur. Des ordres de grandeur pour les valeurs a des véhicules des segments¹ A à M1 sont fournis dans le tableau 1 [B].

¹ 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.

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'incidence² ;
- les angles d'incidence θ_1 et de réflexion θ_2 sont égaux et de signes contraires.

	Segment A	Segment B	Segment C	Segment M1
Distance a (mm)	470	510	620	550

Tableau 1 - Ordres de grandeur du paramètre a pour les véhicules des segments A à M1 [B].

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 tels 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.

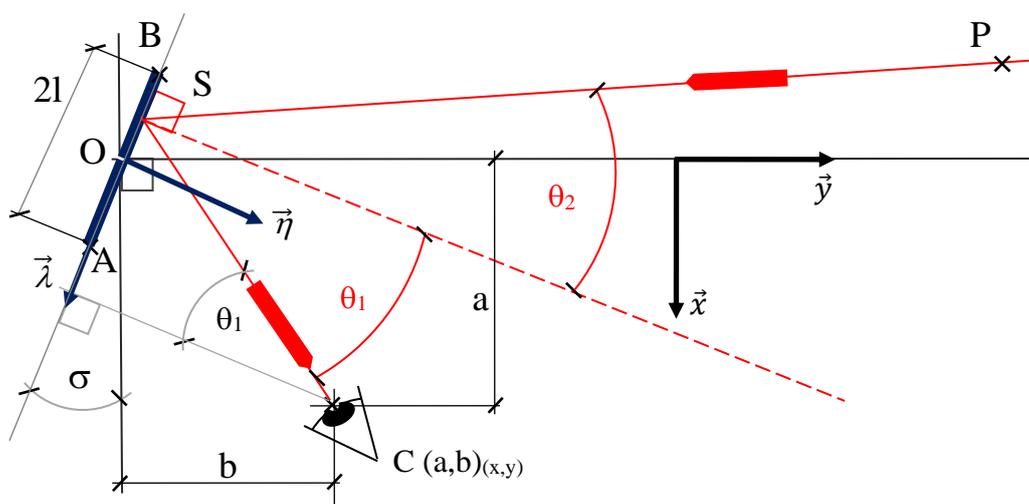


Fig. 1 – Principe de réflexion d'une image sur le miroir plan du rétroviseur extérieur. La perpendiculaire au miroir est représentée par une droite en pointillés rouges [1].

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.

3. ORIENTATION DU MIROIR – L'orientation du miroir doit permettre de visualiser le plus grand secteur angulaire compris entre la partie latérale gauche³ du véhicule et la voie du dépassement parallèle à la direction du véhicule à dépasser, figure 2.

Si P désigne la position d'un objet virtuel situé dans le plan longitudinal extérieur au plus près de la partie latérale du véhicule désirent s'engager dans un processus de déboîtement, la condition pour que l'image du point P se réfléchisse au point A, partie latérale du miroir au plus près de la partie latérale du véhicule, impose la valeur de l'angle d'orientation σ , figure 2. Cet angle se détermine à partir des coordonnées (a, b) du point 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 la direction \vec{AC} par la relation :

$$\tan 2\sigma - \frac{2a - l \cos \sigma}{2b + l \sin \sigma} = 0$$

² Plan qui contient le rayon incident et la normale à la surface (considérée plane dans le cas présent).

³ En Europe, partie latérale droite pour l'Angleterre et de nombreuses anciennes colonies britanniques.

La solution de cette équation, comprise dans l'intervalle $[0, \pi/2[$, s'obtient numériquement par approximations successives connaissant les paramètres géométriques a , b et l (demi-largeur du miroir extérieur), voir les figures 1 et 2. Pour un véhicule du segment M1 pour lequel ces paramètres sont respectivement estimés à 0.55 m, 0.55 m et 0.07m, la valeur de l'angle σ est proche de 21 degrés. En pratique, le positionnement du miroir extérieur s'effectue par ajustements successifs par le conducteur. Dans les développements qui suivent, l'angle d'orientation, noté α , est l'angle polaire du repère (O, \vec{x}, \vec{y}) .

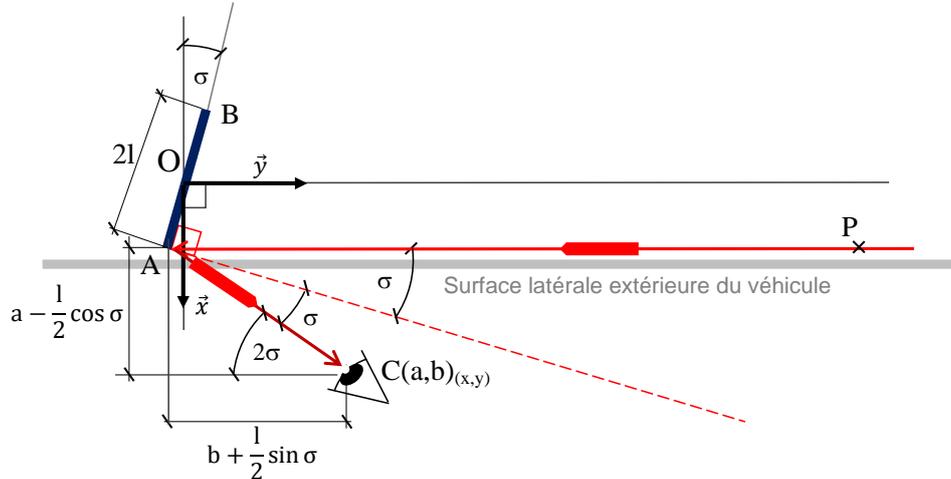


Fig. 2 – L'image du point P se réfléchit au point A, partie latérale du miroir située au plus près du véhicule.

4. CHAMP DE VISION – De manière générale, le champ de vision offert par un miroir en fonction de son orientation α par rapport au plan transversal, qui contient le vecteur unitaire \vec{x} et passe par le centre de rotation O, se définit à partir du secteur angulaire compris entre les points F et G [1], figure 3.

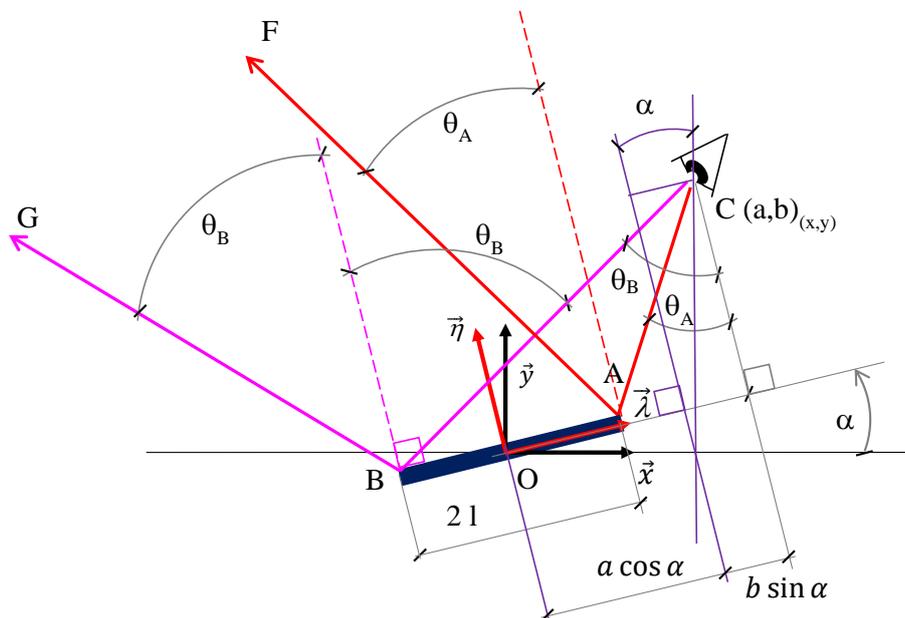


Fig. 3 – Les rayons incidents et réfléchis aux points A et B sont représentés en nuances de rouge, les perpendiculaires au miroir par des droites en pointillés. Le trait plein de couleur bleue matérialise le miroir extérieur. La représentation de l'angle polaire α est limitée au premier cadran pour réduire la dimension verticale de la figure.

4.1. SECTEUR ANGULAIRE DU CHAMP DE VISION : les coordonnées du centre de vision C dans le repère du véhicule (O, \vec{x}, \vec{y}) sont données par [1] :

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

Dans le repère $(O, \vec{\lambda}, \vec{\eta})$, ces composantes sont données par :

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

Pour l'angle $\alpha = 2\pi - \sigma$ permettant de visualiser le plus grand secteur angulaire compris entre la partie latérale gauche du véhicule et la voie de dépassement parallèle à la voie du véhicule à dépasser, les angles θ_A et θ_B s'obtiennent à partir des relations suivantes (figure 3) :

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

Ces relations permettent alors de déterminer le secteur angulaire du champ de vision par :

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

En remarquant que les angles θ_A et θ_B diminuent et augmentent respectivement avec la demi-longueur l du miroir extérieur et, pour une valeur adaptée de l'angle $\alpha = 2\pi - \sigma$, le secteur angulaire $\Delta\theta_{AB}$ augmente avec l'envergure $2l$ du miroir extérieur. Pour rappel, ce secteur angulaire diminue lorsque les distances transversale et longitudinale des yeux au centre du miroir, respectivement notée a et b , augmentent [1].

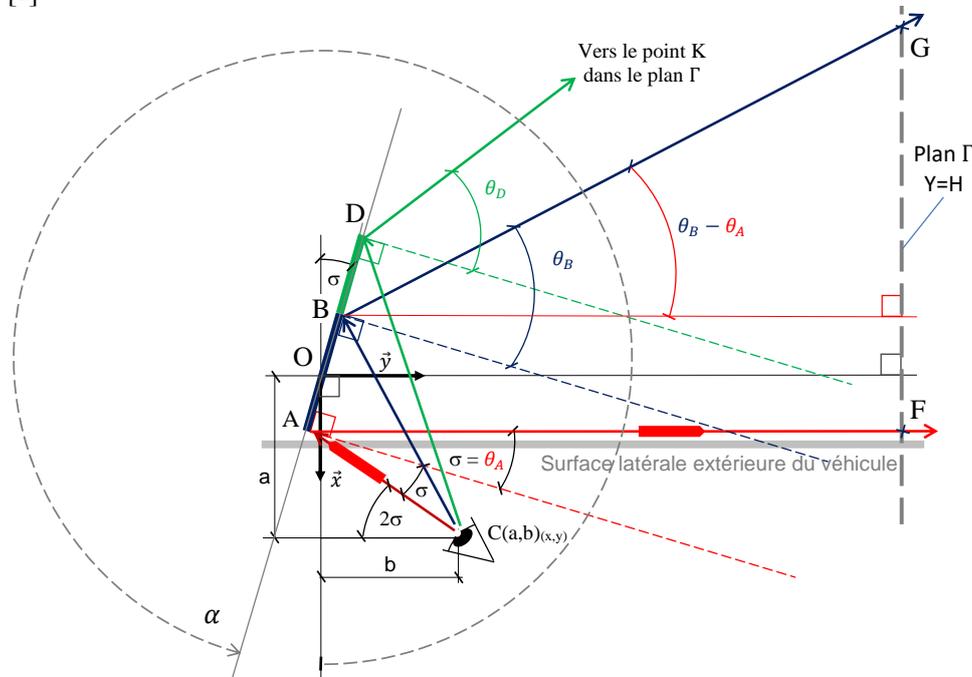


Fig. 4 – Influence de l'accroissement de la longueur transversale du rétroviseur extérieur, $\theta_D > \theta_B$.

4.2. LIMITES LATÉRALES GAUCHE ET DROITE DU CHAMP DE VISION : le champ de vision se définit à partir des intersections F et G des rayons réfléchis [AF] et [BG] avec un plan transversal Γ situé en arrière du culot à l'ordonnée $y=H$, figure 4. Pour l'angle $\alpha = 2\pi - \sigma$, les coordonnées de ces points définies dans le repère (O, \vec{x}, \vec{y}) sont données par [1] :

$$F_{x,y} \begin{cases} x_F = x_A - (H - y_A) \tan((2\pi - \sigma) + \theta_A) \\ y_F = H \end{cases} \quad G_{x,y} \begin{cases} x_G = x_B - (H - y_B) \tan((2\pi - \sigma) + \theta_B) \\ y_G = H \end{cases}$$

Ces relations permettent de définir et de tracer le champ de vision à différentes distances H du plan transversal passant par le centre O du miroir extérieur, figure 5.

4.3. DOMAINE DE L'ANGLE MORT : 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 longitudinales, comptées à partir du milieu O du rétroviseur

extérieur, à partir desquelles les parties droite et gauche du véhicule dépassant, respectivement désignées I_D et I_G , disparaissent du champ de vision du conducteur du véhicule dépassé.

4.4. LES RÉSULTATS : les résultats s’obtiennent sur la base de deux véhicules qui évoluent au milieu de deux voies parallèles larges de 3.50 m ([C] et annexe 1). La largeur du véhicule dépassant est minorée à 1.65 m (largeur type du segment A) pour réduire la distance longitudinale à partir de laquelle la partie gauche du véhicule dépassant disparaît complètement du rétroviseur extérieur du véhicule dépassé. Le véhicule qui souhaite dépasser est un véhicule de la gamme M1 pour lequel les grandeurs a , b et l sont respectivement égales à 0.55 m, 0.55 m et 0.14 m (voir le paragraphe 4). Les résultats s’obtiennent pour des distances de séparation qui varient de 0.80 à 1.40 m pour tenir compte des largeurs des voies et des véhicules respectivement parfois inférieures à 3.50 m et supérieures à 2.20 m.

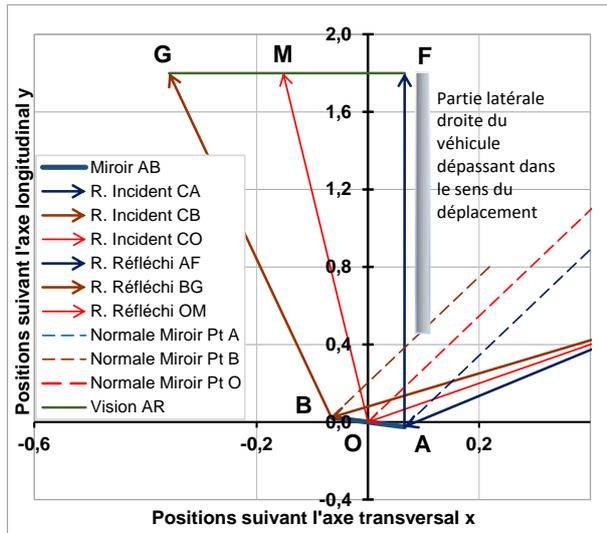


Fig. 5 – Champ de vision dans le plan Γ situé à 1.8 m du centre O du rétroviseur extérieur gauche. Le point M est issu de du rayon réfléchi au point O et le point C, centre de vision du conducteur, n'est pas représenté.

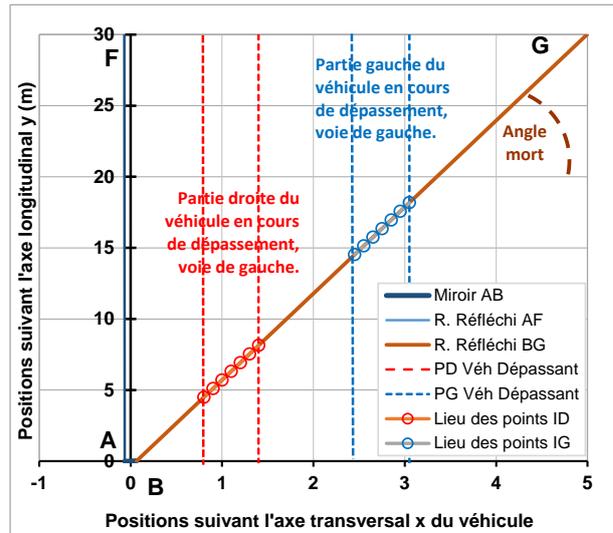


Fig. 6 – Positions des intersections I_G et I_D du secteur angulaire du champ de vision du rétroviseur extérieur gauche (côté conducteur) avec les Parties Gauche (PG) et Droite (PD) du véhicule engagé sur la voie de dépassement.

Les distances reportées en ordonnées sont comptées par rapport au centre de rotation O du rétroviseur extérieur et le point B désigne la partie extérieure du miroir extérieur, conduite à gauche.

Le secteur angulaire situé sous la droite qui relie les points B et G (figures 4, 5 et 6) définit un angle désigné « **angle mort**⁴ » auquel est associé un domaine où un véhicule dépassant ne peut plus être vu dans le rétroviseur du véhicule dépassé, figures 7 et 8. Pour les paramètres géométriques retenus, l'angle $\Delta\theta_{AB}$ est voisin de 9 degrés et le secteur angulaire, compris entre la droite [BG] et le plan transversal qui passe par le centre O du miroir extérieur, est proche de 80 degrés (voir le paragraphe 4.1). Cette valeur angulaire évolue en fonction des paramètres a , b et l mentionnés précédemment [1]. **Le conducteur qui souhaite alors effectuer un dépassement, ou plus généralement changer de direction, doit alors tourner la tête à gauche pour vérifier qu'aucun usager ne se trouve dans son angle mort au risque d'engendrer une collision** (droite verte orientée sur la figure 7). La généralisation des solutions assistées d'identification sonore et/ou visuelle d'obstacles permettrait ici d'améliorer la sécurité [2].

Les influences des positionnements longitudinal et transversal du véhicule dépassant par rapport au véhicule dépassé sont reportées figures 8 et 9. Pour un positionnement latéral donné, la disparition du véhicule dépassant s'effectue progressivement de la partie avant gauche vers la partie arrière droite du véhicule dépassant, figure 8. Le véhicule disparaît du rétroviseur extérieur pour apparaître au niveau de la porte arrière lorsque le conducteur tourne la tête vers la gauche, figures 7 et 8. Pour un positionnement longitudinal donné et en référence au sens du déplacement, la disparition du véhicule dépassant

⁴ En France et depuis le 1^{er} janvier 2021, les poids-lourds et les véhicules de transport de personnes doivent signaler la présence d'angle mort à l'aide d'un autocollant positionné sur les côtés et à l'arrière du véhicule [D-E].

s'effectue vers la gauche du véhicule dépassant lorsque l'espacement transversal entre les deux véhicules augmente, figure 9.

S'agissant enfin d'estimer le moment du déboîtement qui permettrait au véhicule dépassant arrière de conserver sa distance de sécurité avec l'arrière du véhicule souhaitant commencer à dépasser, la largeur de l'image du véhicule dépassant rapportée à la largeur du miroir extérieur du véhicule souhaitant dépasser fournit une information dont **l'utilisation reste approximative en l'absence de marqueurs visuels**.

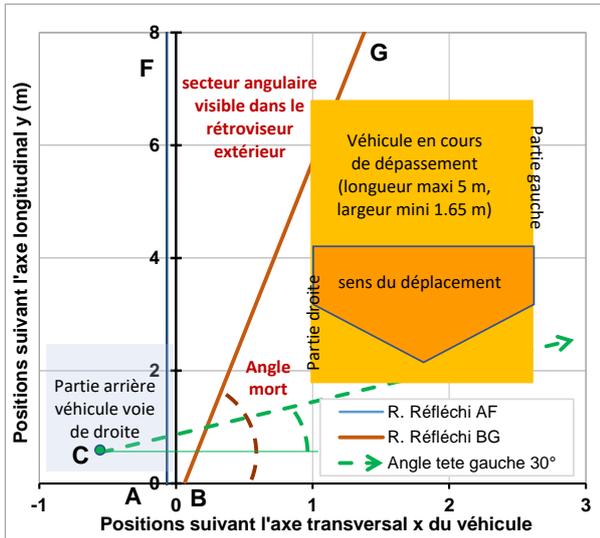


Fig. 7 – Mise en évidence de l'angle mort. Le véhicule dépassant venant de l'arrière disparaît du rétroviseur extérieur gauche du véhicule dépassé. Comparé à la figure 6, l'axe des ordonnées a été modifié (valeur maximale 8 mètres pour 30 mètres sur la figure 6).

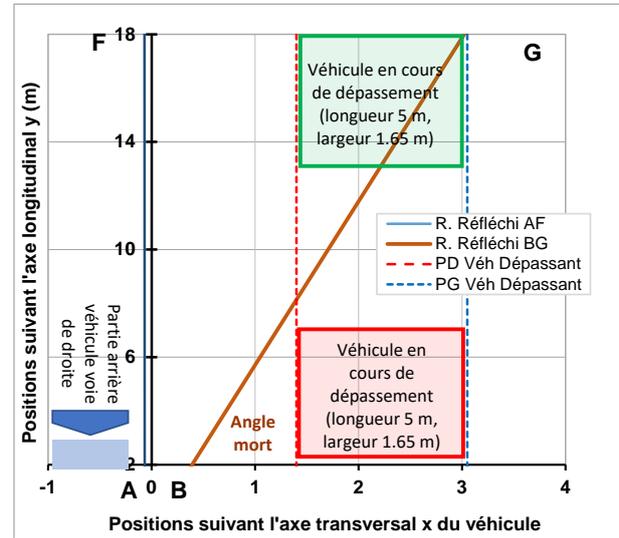


Fig. 8 – Influence de la position longitudinale du véhicule dépassant sur la vision dans le rétroviseur extérieur gauche (côté conducteur) du véhicule qui souhaite dépasser. Comparé à la figure 6, l'axe des ordonnées a été modifié (valeur maximale 18 mètres pour 30 mètres sur la figure 6).

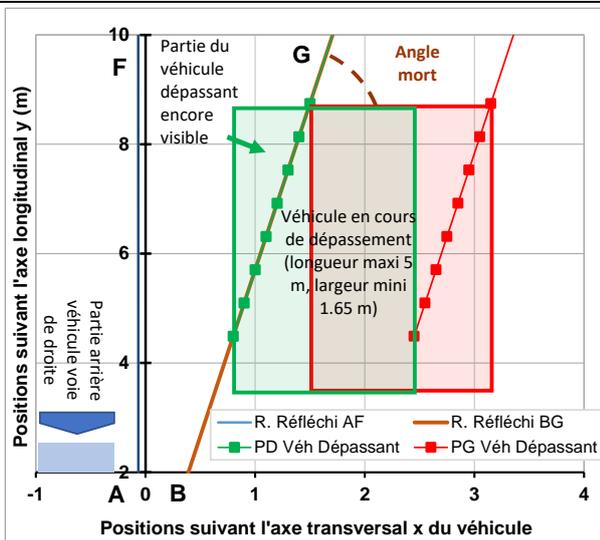


Fig. 9 – Influence de la position transversale du véhicule dépassant sur la vision dans le rétroviseur extérieur gauche (côté conducteur) du véhicule qui souhaite dépasser. Comparé à la figure 7, l'axe des ordonnées a été modifié (valeur maximale 10 mètres pour 8 mètres sur la figure 7). La distance transversale qui sépare le véhicule dépassant du véhicule dépassé varie de 0.80 à 1.40 m.

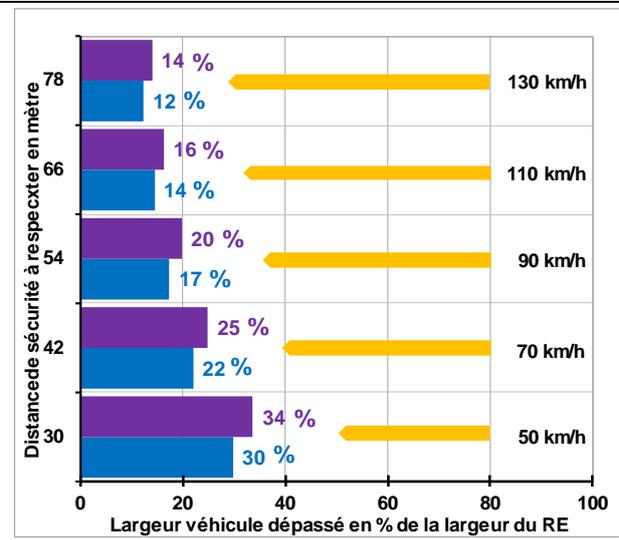


Fig. 10 – Largeurs vues dans le rétroviseur extérieur du véhicule en cours de dépassement exprimées en pourcentage de la largeur du rétroviseur extérieur pour respecter les distances de sécurité en fonction de la vitesse supposée identique du véhicule en cours de dépassement et souhaitant dépasser (bleu pour un véhicule du segment A, violet pour un véhicule du segment M1 ; largeur +0.22 m pour un véhicule du segment M1 / véhicule du segment A, tableau annexe 1).

À titre d'exemple et pour un dépassement s'effectuant à la vitesse de 110 km/h, le déboîtement qui

permettrait au véhicule, souhaitant dépasser, d'assurer une distance de sécurité de 66 mètres [F-1] avec le véhicule arrière sans contraindre ce dernier à ralentir doit s'effectuer lorsque l'image de ce dernier représente près de 16% de la largeur du rétroviseur extérieur, voir la figure 10. En pratique, ces distances ne sont que très rarement respectées et il n'est pas rare de relever des distances entre véhicules dépassant inférieures à une ou deux longueurs de véhicules. Ces situations accidentogènes sont le plus souvent à l'origine de carambolages dont les conséquences peuvent être meurtrières à grande vitesse. L'utilisation d'un télémètre associé à un signal visuel et/ou sonore pourrait constituer une aide à la sécurité ; des dispositifs qui devront être intégrés lorsque la conduite autonome se généralisera [2].

5. CONCLUSION

Les équations de l'optique géométrique sont utilisées pour identifier le plus grand secteur angulaire pouvant être vu dans le rétroviseur extérieur gauche en prévision d'un dépassement. Pour les dimensions courantes, ce secteur angulaire, de l'ordre d'une dizaine de degrés, définit un angle mort de 80 degrés auquel est associé un domaine où la visualisation d'un véhicule dépassant est impossible. Le conducteur doit alors tourner la tête vers l'arrière gauche pour visualiser une partie avant du secteur angulaire non couvert par le rétroviseur extérieur. Pour un positionnement latéral donné, la disparition du véhicule dépassant s'effectue progressivement de la partie avant gauche vers la partie arrière droite du véhicule dépassant. Pour un positionnement longitudinal donné, le véhicule dépassant sort du domaine de visibilité lorsque l'espacement transversal entre les véhicules dépassant et dépassé augmente.

S'agissant de respecter les distances de sécurité avec un véhicule arrière engagé dans un processus de dépassement sans contraindre ce dernier à ralentir ou à freiner, l'utilisation du rétroviseur extérieur s'avère difficile compte tenu des faibles dimensions du miroir extérieur. Pour des vitesses identiques 50 et 110 km/h, le déboîtement ne devrait s'effectuer que lorsque la largeur du véhicule dépassant arrière n'excède pas 34% et 16% de la largeur du rétroviseur extérieur. Ces valeurs, difficiles à évaluer sans marques caractéristiques sur une largeur inférieure à 15 cm située à près de 75 centimètres des yeux du conducteur, pourrait nécessiter la généralisation d'un signal lumineux, voire sonore, couplé à un télémètre.

RÉFÉRENCES

- [1] Gilliéron P. ; Rabattement et distances de sécurité, hal-03148391, mars 2022.
- [2] Nguyen Hoang Giang ; Système de signalisation d'obstacles dans un rétroviseur extérieur de véhicule, Brevet d'invention Renault du 07/05/1998.

SITES WEB

- [A] <https://www.securite-routiere.gouv.fr/reglementation-liee-la-route/croisement-et-depassement#depassement-des-vehicules-en-circulation-1137>
- [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/>
- [D] <https://www.securite-routiere.gouv.fr/reglementation-liee-la-route/reglementation-de-la-visibilite>
- [E] <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042532379>
- [F] <https://www.preventionroutiere.asso.fr/2016/03/30/tenir-ses-distances/>

NOMENCLATURE

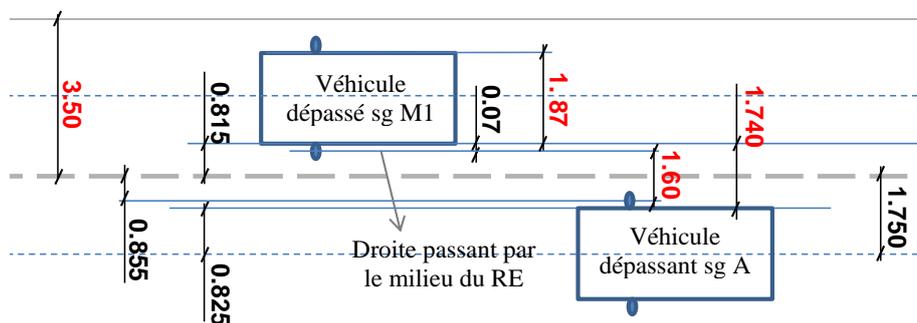
- 2l Largeur totale des rétroviseurs intérieur et extérieur, en m.
- a Distance latérale entre les plans médians longitudinaux du siège avant du conducteur et du véhicule, en m suivant x.

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 droite du rétroviseur extérieur gauche (côté conducteur), en degré.
θ_B	Angle incident ou réfléchi au point B, extrémité gauche du rétroviseur extérieur gauche (côté conducteur), en degré.
\tan^{-1}	Fonction inverse de la fonction tangente.
r	Pente de la droite qui joint le point B, extrémité gauche du rétroviseur extérieur, au point G, extrémité gauche du champ de vision, vus du conducteur en position de conduite.
s	Constante pour la droite de pente r.
RE	Rétroviseur Extérieur.

ANNEXE 1

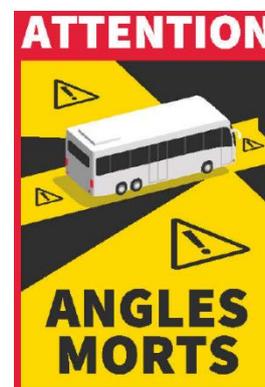
Valeurs de référence retenues pour les simulations – Les valeurs des différentes grandeurs géométriques retenues pour les simulations sont reportées dans le tableau et la figure ci-dessous.

	Segment A	Segment M1
Longueur véhicule (m) :	3.60	4.85
Largeur véhicule (m) :	1.65	1.87
Dist. centre RE / culot suivant y (m) :	2.50	3.15



Dimensions caractéristiques pour des véhicules dépassant et dépassé respectivement des segments A et M1. Le schéma est sans échelle et la proportionalité géométrique n'est pas respectée. L'unité est le mètre (m).

ANNEXE 2



Autocollant angles morts poids lourds supérieurs à 3,5 tonnes, site du Gouvernement.

Autocollant angles morts pour véhicules de passagers, site du Gouvernement.