



HAL
open science

Étude du mécanisme de réduction de traînée par déflecteur sur corps d'Ahmed

Grégoire Fourrié, Laurent Keirsbulck, Larbi Labraga, Patrick Gillieron

► **To cite this version:**

Grégoire Fourrié, Laurent Keirsbulck, Larbi Labraga, Patrick Gillieron. Étude du mécanisme de réduction de traînée par déflecteur sur corps d'Ahmed. CFM 2009 - 19ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2009, Marseille, France. hal-03390765

HAL Id: hal-03390765

<https://hal.science/hal-03390765>

Submitted on 21 Oct 2021

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.

Contrôle passif de l'écoulement autour d'une géométrie simplifiée de véhicule

G. FOURRIÉ^a, L. KEIRSBULCK^a, L. LABRAGA^a, P. GILLIÉRON^b

a. Laboratoire de Mécanique et Energétique, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Le Mont Houy, 59313 Valenciennes Cedex 9, France

b. Renault, Groupe Mécanique des fluides et Aérodynamique, Direction de la Recherche, 1 avenue du Golf, 78288 Guyancourt, France

Résumé :

Cette étude expérimentale s'intéresse à la réalisation d'un contrôle passif simple sur un corps épais, le corps de Ahmed, et à son influence sur les efforts aérodynamiques. Ce contrôle consiste en un déflecteur placé sur l'arête haute du hayon arrière du corps. Il s'agit ici de mettre en évidence les mécanismes physiques pouvant conduire à une réduction de la traînée globale du corps, notamment en ce qui concerne les interactions entre les différentes structures de l'écoulement. Cette étude montre qu'il est nécessaire de prendre en compte toutes les structures tourbillonnaires autour de ce type de configuration tridimensionnelle afin de mettre en oeuvre des stratégies de contrôle plus efficaces.

Abstract :

This experimental study focuses on the use of a simple passive flow control around a bluff body, the Ahmed body, and its influence on the aerodynamic forces. The control device consists of a deflector placed on the upper edge of the body's rear slant. The aim of this study is to identify the physical mechanisms that may reduce the body's global drag, focusing in particular on the interactions between the different flow structures. The results of this study highlight the need to take all the vortex structures around this kind of three-dimensional configuration into account in order to define more effective flow control strategies.

Mots clés : Aérodynamique expérimentale, Contrôle d'écoulement, Décollement, Structures tourbillonnaires longitudinales, Corps de Ahmed.

1 Introduction

Dans le contexte de limitation des consommations énergétiques et des émissions de particules et gaz à effet de serre des véhicules, la maîtrise de la résistance à l'avancement des véhicules constitue l'un des enjeux majeurs de la recherche appliquée à l'automobile. Depuis quelques années, diverses études se sont intéressées à la réalisation de contrôles d'écoulement autour d'un modèle simplifié d'automobile, le corps de Ahmed, permettant ainsi de comparer les efficacités des différents dispositifs proposés. Cette géométrie, définie par Ahmed et al. [1], consiste en un corps épais, à l'avant profilé, placé à proximité du sol et dont la partie arrière présente un hayon incliné.

En 1984, Ahmed et al. [1] étudient l'influence de l'angle d'inclinaison de la lunette arrière sur la traînée totale du corps (figure 1). Il apparaît que cet angle influence fortement la traînée et peut entraîner une modification de la topologie de l'écoulement induit par le corps. En effet, la topologie de l'écoulement est en premier lieu, de 0° à 12.5° , proche de celle d'un culot droit.

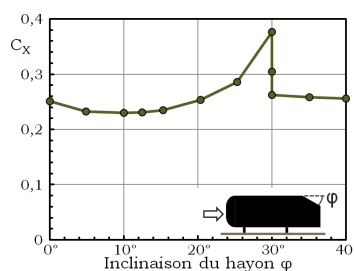


FIG. 1 – Coefficient de traînée en fonction de l'inclinaison du hayon, $Re_L = 4.29 \times 10^6$, Ahmed et al. [1].

À mesure que l'inclinaison augmente, l'écoulement devient fortement tridimensionnel, présentant un bulbe décollé sur la lunette arrière, une recirculation de culot, ainsi que des structures tourbillonnaires longitudinales se développant sur les arêtes latérales du hayon (figures 2(a) et 2(b)). À partir de 30° , on observe une chute brutale du coefficient de traînée. Cet angle de 30° est identifié par Ahmed et al. [1] comme étant la limite critique de modification de la topologie de l'écoulement autour du corps, passant d'un écoulement fortement tridimensionnel, de type bicorps, à un second proche d'un écoulement de type culot droit.

Différents auteurs ont étudié cette configuration fortement tridimensionnelle, notamment avec lunette arrière inclinée à 25° , que ce soit pour approfondir la compréhension de l'écoulement [2, 3, 4, 5] ou pour confronter des modèles numériques à un écoulement complexe et difficilement prédictible [6, 7]. L'interaction entre le bulbe décollé et les structures longitudinales participe d'ailleurs largement à la complexité de la compréhension de l'écoulement (figure 2(b)).

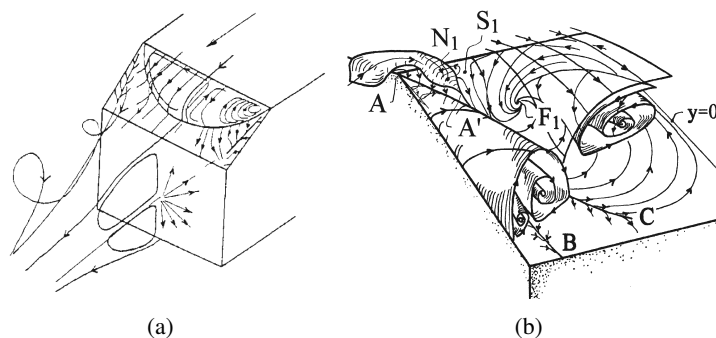


FIG. 2 – Représentations schématiques de la topologie de l'écoulement avec hayon à 25° : sillage (a), d'après Gilliéron et Chometon [2] et interaction entre le bulbe décollé et la structure tourbillonnaire longitudinale (b), AB étant la ligne de décollement de la structure secondaire et A'C la ligne d'attachement de la structure principale, d'après Spohn et Gilliéron [4].

Divers contrôles, passifs ou actifs, de l'écoulement ont été réalisés autour du corps de Ahmed [8, 9, 10, 11]. La présente étude s'inspire en particulier de celles de Brunn et al. [9] et de Beaudoin et Aider [10]. Brunn et al. [9] réalisent un contrôle actif par soufflage stationnaire localisé aux extrémités de l'arête supérieure du hayon incliné à 25° . Cette étude révèle une intéressante interaction entre les différentes structures de l'écoulement. Beaudoin et Aider [10] exploitent ce phénomène qui met en compétition les structures tourbillonnaires longitudinales et le bulbe décollé présent sur la lunette arrière du corps par l'utilisation de déflecteurs disposés sur les différentes arêtes de l'arrière du corps de Ahmed avec une inclinaison du hayon de 30° .

La présente étude est effectuée autour du corps de Ahmed avec angle de lunette arrière de 25° , le but étant de conserver pour le cas sans contrôle un écoulement tridimensionnel de type bicorps, éloigné de la limite bistable à 30° . Nous mettons l'accent sur l'influence d'un déflecteur positionné sur le haut de la lunette arrière, dont l'angle constituera le paramètre essentiel. Ce contrôle passif de l'écoulement vise ici en priorité à la mise en évidence et à la compréhension des phénomènes physiques qui influencent la traînée aérodynamique.

2 Dispositif expérimental

2.1 Conditions d'essai

La totalité de l'étude a été réalisée dans la soufflerie subsonique à retour du Laboratoire de Mécanique et Energétique de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. La veine d'essai est de section carrée $2 \times 2 \text{ m}^2$ et mesure 10 m de long. Le corps de Ahmed (1.044 m de longueur, 0.389 m de largeur, 0.288 m de hauteur, 0.222 m de longueur de lunette arrière) ayant un hayon arrière incliné de 25° est placé à une distance de 5×10^{-2} m du plancher. Le déflecteur est positionné sur l'arête supérieure du hayon arrière (figure 3). Il consiste en une tôle métallique rectangulaire, de 1.2×10^{-3} m d'épaisseur, pliée en son milieu et dont les extrémités sont coupées à 45° . La longueur de déflexion est de 2×10^{-2} m. L'angle, noté θ , est identifié sur la figure 3(b). Le cas sans contrôle correspond à $\theta = -25^\circ$.

Les conditions expérimentales sont les suivantes :

- vitesses de l'écoulement amont : $U_0 = 16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $U_0 = 40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ correspondant respectivement à un nombre de Reynolds basé sur la longueur du corps Re_L de 1.1×10^6 et 2.8×10^6 ,
- l'épaisseur de couche limite incidente, au niveau du sol, est inférieure à 3×10^{-2} m en amont de la maquette,
- le taux d'obstruction dû à la présence du corps est de l'ordre de 3%,
- le taux de turbulence dans la veine d'essai vide est proche de 0.5%.

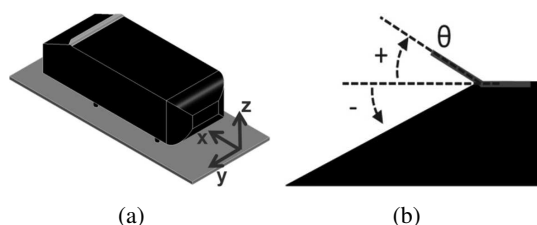


FIG. 3 – Présentation du contrôle par déflecteur : vue globale du corps de Ahmed (a) et repérage de l'angle (b).

2.2 Moyens de mesure

Une première campagne de mesures a consisté à déterminer l'influence de l'angle θ sur les efforts aérodynamiques subis par le corps. Les valeurs moyennes de la traînée et de la portance sont obtenues grâce à une balance aérodynamique externe six composantes.

Des mesures de vitesses par Vélocimétrie par Images de Particules (PIV) dans le plan de symétrie longitudinal du corps ont ensuite permis une étude plus détaillée de l'influence de l'angle de déflexion sur la topologie de l'écoulement autour de l'arrière du corps. La taille du capteur CCD est 1192×1600 pixels², la taille du champs mesuré est 0.190×0.255 m² et la zone d'interrogation utilisée est de 24×24 pixels² avec un recouvrement de 50% ; les champs réalisés ont ainsi une résolution spatiale de 2×10^{-3} m. Des champs globaux ont été obtenus sur l'arrière du corps par l'assemblage de cinq champs, permettant une vision d'ensemble des grosses structures de l'écoulement. Les champs moyens s'obtiennent à partir de 500 champs instantanés.

Des champs de vitesses par Vélocimétrie par Images de Particules Stéréoscopique, 2D - 3 composantes, ont de plus été réalisés dans un plan parallèle au culot, à 0.22 m en aval de celui-ci. Les caméras utilisées ont un capteur CCD de 2048×2048 pixels², la taille du champs mesuré est 0.400×0.365 m² et la zone d'interrogation utilisée est de 32×32 pixels² avec un recouvrement de 50% ; les champs réalisés ont ainsi une résolution spatiale de 3.4×10^{-3} mm ; les champs moyens s'obtiennent à partir de 500 champs instantanés. Ils ont permis de mettre en évidence l'impact du contrôle sur les tourbillons longitudinaux.

Des visualisations des lignes de frottement pariétales sont effectuées par enduit visqueux (huile de paraffine, acide oléique, oxyde de titane) sur la lunette arrière du corps.

3 Résultats

3.1 Efforts aérodynamiques

Les coefficients aérodynamiques de traînée et de portance (figure 4) indiquent une modification de la topologie de l'écoulement ; une réduction brusque des efforts, notamment de la traînée, est en effet observée lorsque l'angle de déflexion θ dépasse 0° . Le gain en traînée qui en résulte est alors de l'ordre de 9% ; la force de portance est quant à elle annulée et devient ensuite négative.

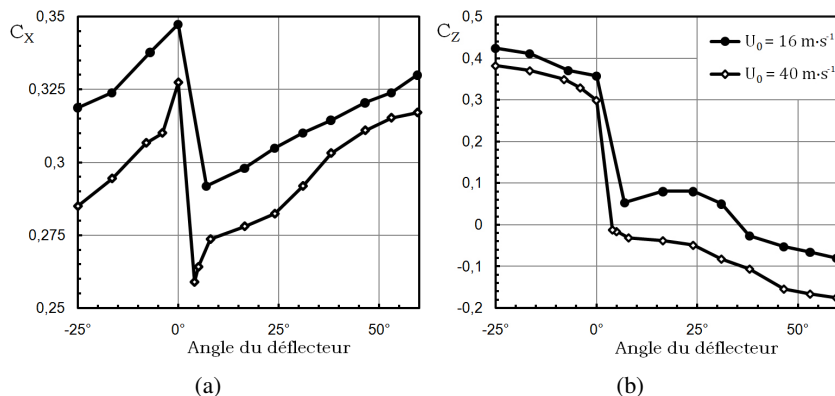


FIG. 4 – Efforts aérodynamiques en fonction de l'angle du déflecteur : coefficient de traînée (a) et coefficient de portance(b), le cas sans déflecteur correspond à $\theta = -25^\circ$.

3.2 Étude de l'écoulement moyen dans le plan médian

Les champs PIV réalisés dans le plan médian permettent d'observer l'influence de l'angle du déflecteur sur la recirculation de culot et sur le bulbe décollé.

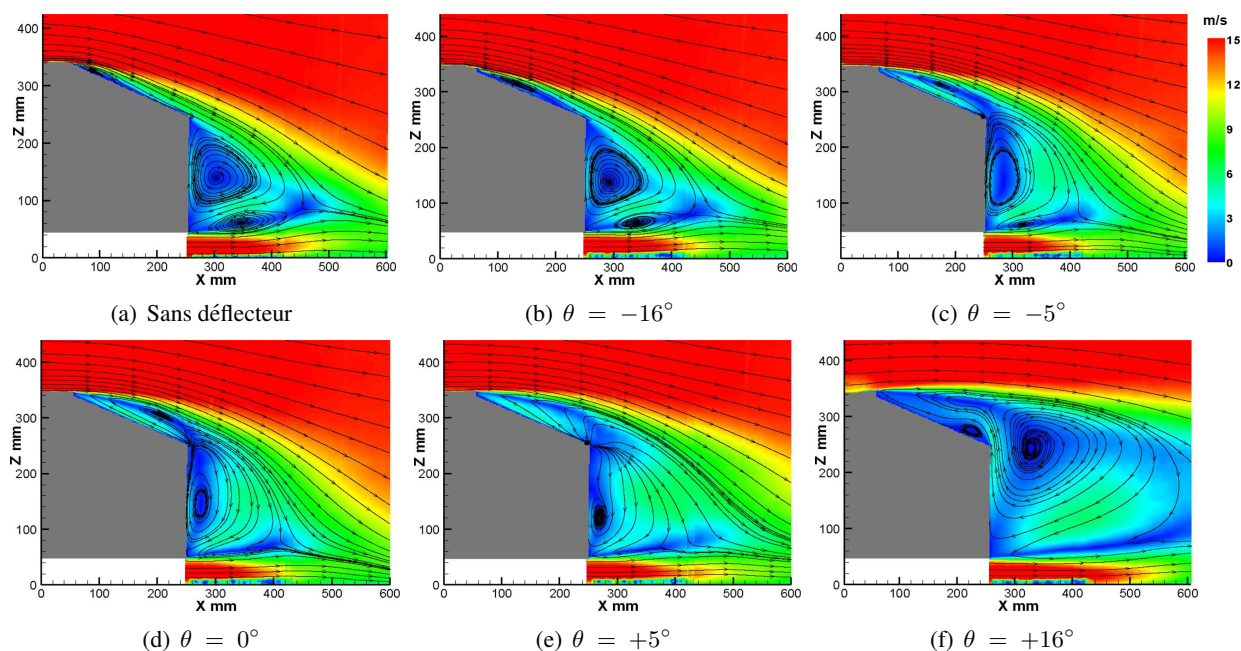


FIG. 5 – Champs de vitesses moyennes par PIV (2D - 2 composantes), $U_0 = 16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

À mesure que l'angle de déflexion augmente, on observe une amplification du décollement en haut de lunette arrière et une modification du sillage (figure 5). Bien que visiblement influencée par l'angle du déflecteur, la position de la structure tourbillonnaire supérieure au culot ne présente pas de modification brutale entre les configurations $\theta = 0^\circ$ et $\theta = +5^\circ$ (figures 5(d) et 5(e)). La position de la structure tourbillonnaire supérieure au culot n'est donc pas à l'origine du phénomène observé sur l'évolution du coefficient de traînée (figure 4(a)). De plus, sur les champs PIV de l'écoulement autour du corps avec déflecteur à -5° (figure 5(c)), à 0° (figure 5(d)) et à $+5^\circ$ (figure 5(e)), la présence d'un point source à l'extrémité de la lunette témoigne de la forte tridimensionnalité de l'écoulement qui vient alimenter ce point ; cette étude dans le plan de symétrie s'avère donc insuffisante pour comprendre la totalité des phénomènes mis en jeu.

3.3 Étude tridimensionnelle de l'écoulement

Les champs PIV stéréoscopiques réalisés dans le plan transverse, en aval du culot, permettent une observation de l'influence du contrôle passif sur les structures tourbillonnaires longitudinales. Lorsque l'angle croît, à partir de -25° et jusqu'à 0° , les structures longitudinales conservent leur influence sur l'écoulement à l'arrière du corps. Quand θ dépasse 0° , l'intensité du tourbillon se trouve fortement atténuée (figure 6). On constate le même phénomène sur les visualisations par enduit visqueux (figure 7) avec la disparition de la ligne de séparation dans le cas du contrôle à $\theta = +5^\circ$. Ce phénomène est concomitant avec la diminution des efforts aérodynamiques ; il semble donc bien s'agir du phénomène précurseur du mécanisme étudié. Cette atténuation des structures longitudinales est vraisemblablement due à la présence du décollement issu directement du contrôle qui vient en conflit avec le développement de ces dernières (figure 8). La topologie de l'écoulement semble alors s'approcher de celle d'un écoulement de type culot droit.

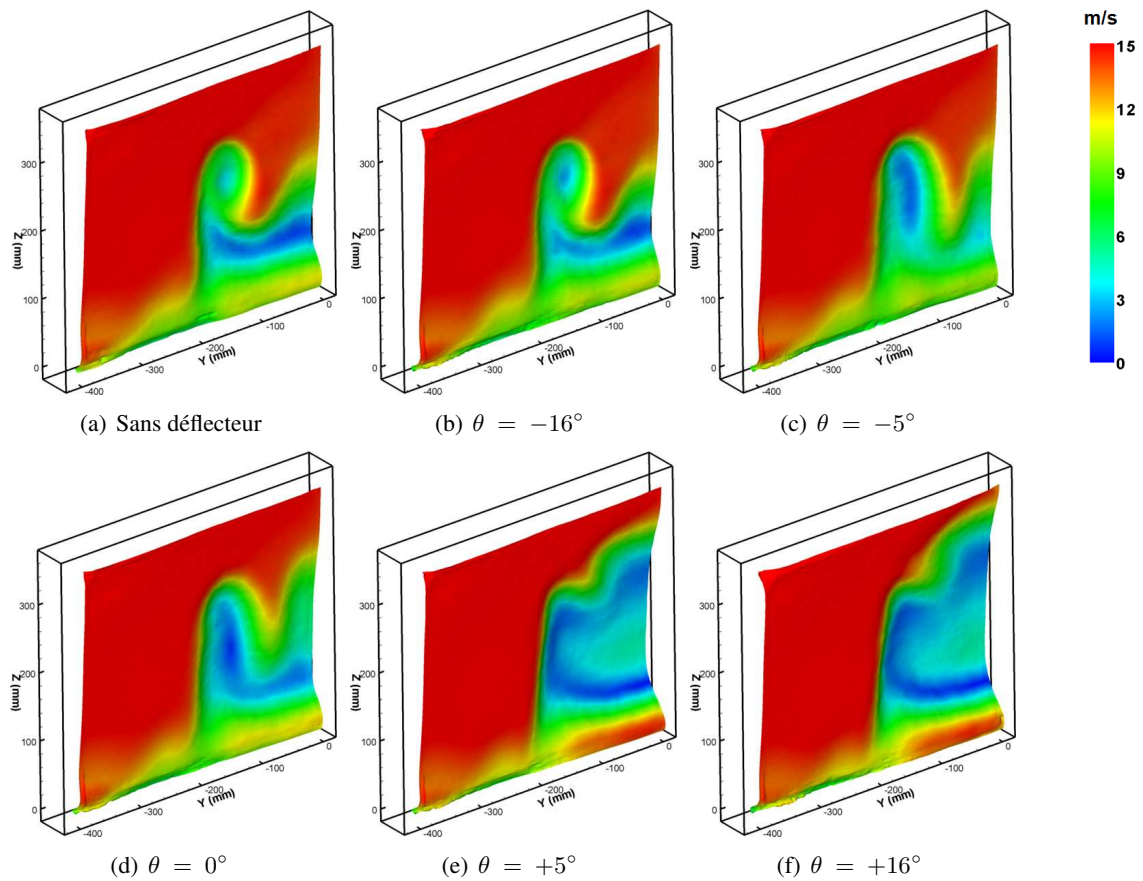


FIG. 6 – Champs de vitesses moyennes dans un plan transverse à 0.22 m du culot par Stéréo PIV (2D - 3 composantes), vue de l'arrière, $U_0 = 16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

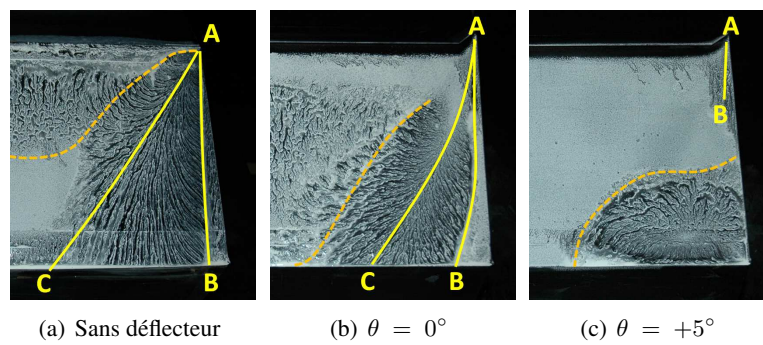


FIG. 7 – Visualisations pariétales par enduit visqueux, AB étant la ligne de décollement des structures primaire et secondaire et AC la ligne d'attachement de la structure principale, la ligne en pointillés correspond au bulbe décollé.

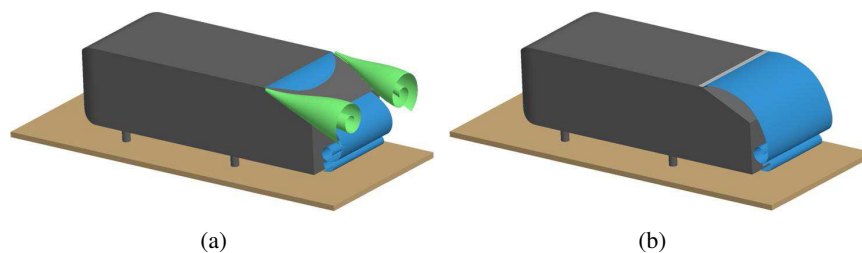


FIG. 8 – Description schématique de l'écoulement sans contrôle (a) et avec déflecteur, $\theta > 0^\circ$ (b).

4 Conclusion

L'augmentation du décollement provoquée par la présence du déflecteur, bien que pouvant paraître au premier abord augmenter la résistance à l'avancement, peut entraîner une diminution de la traînée. En effet, lorsque le décollement s'avère suffisant, il vient contrecarrer le développement des structures tourbillonnaires longitudinales, réduisant ainsi leur influence sur la traînée.

Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux obtenus antérieurement ([9], [10]), et mettent en évidence le couplage fort existant entre les structures tourbillonnaires longitudinales et l'écoulement décollé.

Il apparaît donc ici clairement que les tentatives de contrôle de l'écoulement autour du corps de Ahmed en vue de la réduction de sa résistance à l'avancement doivent considérer l'écoulement dans sa globalité.

5 Remerciements

Le présent travail de recherche a été financé par le Campus International sur la Sécurité et l'Intermodalité des Transports, la Région Nord-Pas-de-Calais, la Communauté Européenne, la Délégation Régionale à la Recherche et à la Technologie, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et le Centre National de la Recherche Scientifique. Les auteurs remercient le soutien de ces institutions.

Références

- [1] Ahmed S., Ramm G., and Falin G. Some salient features of the time-averaged ground vehicle wake. Technical Report 840300, SAE Technical Paper, 1984.
- [2] Gilliéron P. and Chometon F. Modelling of stationary three-dimensional separated air flows around an ahmed reference model. 3rd Int. Workshop on Vortex, ESAIM Proceedings, 1999.
- [3] Lienhart H., Stoots C., and Becker S. Flow and turbulence structures in the wake of a simplified car model (ahmed model). DGLR Fach Symposium der AG STAB, Stuttgart, Allemagne, 2000.
- [4] Spohn A. and Gilliéron P. Flow separations generated by a simplified geometry of an automotive vehicle. UTAM Symposium on Unsteady Separated Flows, Toulouse, France, 2002.
- [5] Vio G., Watkins S., Mousley P., Watmuff J., and Prasad S. Flow structures in the near-wake of the ahmed model. *Journal of Fluids and Structures*, 20(5), 673–695, 2005.
- [6] Guilmineau E. Computational study of flow around a simplified car body. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(6-7), 1207–1217, 2008.
- [7] Minguez M., Pasquetti R., and Serre E. High-order large-eddy simulation of flow over the "ahmed body" car model. *Physics of Fluids*, 20, 095101–095117, 2008.
- [8] Levallois E. and Gilliéron P. Réduction de traînée en aérodynamique automobile par contrôle passif de l'écoulement. Analyse par PIV. Colloque Fluvisu 11, Lyon, France, 2005.
- [9] Brunn A., Wassen E., Sperber D., Nitsche W., and Thiele F. Active drag control for a generic car model. *Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, 95, 247–259, 2007.
- [10] Beaudoin J.-F. and Aider J.-L. Drag and lift reduction of a 3d bluff body using flaps. *Experiments in Fluids*, 44(4), 491–501, 2008.
- [11] Rouméas M., Gilliéron P., and Kourta A. Analysis and control of the near-wake flow over a square-back geometry. *Computers & Fluids*, 38(1), 60–70, 2009.