

INSA DE ROUEN  
DÉPARTEMENT GÉNIE MATHÉMATIQUE

**13 mai 2014**  
**Projet Mécanique des Fluides**

# **Modélisation de l'écoulement de l'air autour d'un camion.**

Clément ROUSSEAU & Alexandre VIEIRA

**Encadrant : Christophe ROYAL**

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1 Analyse des maillages</b>	<b>3</b>
1.1 Maillage de la cabine seule . . . . .	3
1.2 Maillage avec cabine à la même hauteur que la remorque . . . . .	3
1.3 Maillage avec cabine de hauteur inférieure à la remorque . . . . .	4
1.4 Maillage avec cabine de hauteur supérieure à la remorque . . . . .	4
<b>2 Analyse des résultats obtenus</b>	<b>5</b>
2.1 Étude de la cabine seule . . . . .	6
2.2 Étude avec cabine à la même hauteur que la remorque . . . . .	9
2.3 Étude avec cabine de hauteur inférieure à la remorque . . . . .	12
2.4 Étude avec cabine de hauteur supérieure à la remorque . . . . .	16
<b>3 Commentaires</b>	<b>18</b>
3.1 Tenue de route . . . . .	18
3.2 Consommation . . . . .	18
3.3 Optimisation de la géométrie de la remorque . . . . .	18
3.4 Remarque complémentaire . . . . .	19

## Introduction

Dans le cadre de l'option Mécanique des Fluides, nous avons à utiliser le logiciel Fluent dans le cadre d'un projet.

Notre projet consiste à étudier l'écoulement du vent autour d'un camion à différentes vitesses. Plus précisément, nous avons quatre configurations pour le camion :

- La cabine seule, sans remorque
- Le camion avec une remorque de la même hauteur que la cabine
- Le camion avec une remorque plus haute que la cabine
- Le camion avec une remorque plus basse que la cabine

Ces configurations ont été étudiées à deux vitesses : 60 et 110 km.h<sup>-1</sup>. Pour cela, différents maillages ont été fournis, correspondant à chacune des configurations décrites précédemment.

Dans un premier temps, nous analyserons les points suivants :

- Les différents maillages (qualité, finesse, vraisemblance à la réalité...)
- Les écoulements obtenus dans chaque cas d'étude (plus particulièrement vitesse et pression)
- Les efforts sur les parois

On présentera tout au long de cette étude la démarche suivie ainsi que les différents réglages effectués, qui seront justifiés.

Enfin, à partir de ces observations, on finira par répondre aux questions suivantes :

- Quelles remarques faire à propos de la consommation et de la tenue de route de ce véhicule ?
- Comment peut-on expliquer les différences de résultats entre les cas ?
- Comment modifier uniquement la géométrie de la remorque pour transporter plus de marchandises aux mêmes vitesses sans forcément consommer plus ?
- Comment modifier la géométrie de la cabine et la géométrie de la remorque pour transporter plus de marchandises aux mêmes vitesses sans forcément consommer plus ?

# 1 Analyse des maillages

Dans un premier temps, nous allons analyser les maillages qui nous ont été fourni. L'analyse des maillages est important pour estimer la finesse des résultats obtenus et la vitesse à laquelle un résultat acceptable sera obtenu. Nous ferons donc attention aux points suivants :

- Les zones où le maillage sera plus resserré (ou plus lâche)
- La structure du maillage
- La taille des mailles

## 1.1 Maillage de la cabine seule

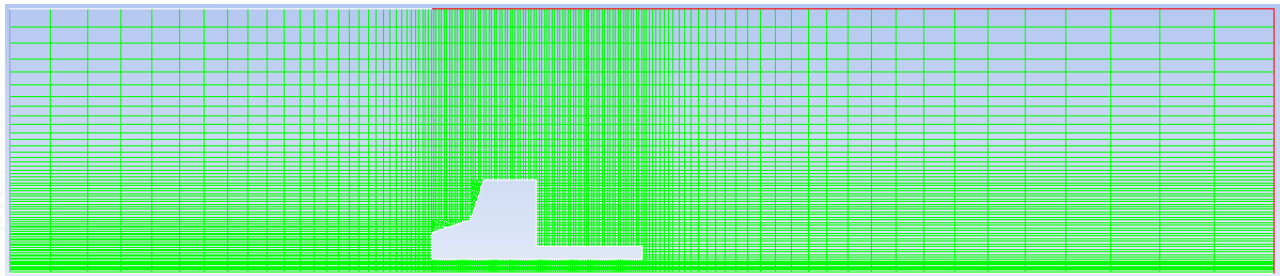


FIGURE 1 – 1<sup>er</sup> maillage : camion sans remorque

On remarque que le maillage est très fin en dessous du camion, mais très large à l'avant et à l'arrière. Cela peut en effet poser quelques problèmes : on imagine facilement qu'il doit y avoir normalement plus de perturbations à l'avant et à l'arrière du camion (ou en tout cas à proximité des parois). Les résultats seront donc d'autant moins précis dans les zones qui pourraient nous intéresser.

Dans cet exemple, le volume des mailles vont de  $10^{-3}$  à 1,5, ce qui peut sembler acceptable dans l'ensemble. Un détail peut cependant paraître gênant : le maillage n'est pas structuré. On remarque en effet des triangles au niveau du capot, alors que tout le reste est maillé avec des quadrilatères. Sol et plafond à gauche sont également définis de manière étrange : les frontières ont la même structure en ces endroits (deux murs par défaut). Il aurait pu être intéressant de pouvoir modifier indépendamment ces deux frontières.

## 1.2 Maillage avec cabine à la même hauteur que la remorque

Ce maillage semble ici plutôt bien défini dans l'ensemble. Contrairement au précédent, il est relativement fin dans les endroits utiles (au contact du camion, avant, arrière et en dessous). On remarque cependant un problème présent dans tous les maillages par rapport aux roues. en effet, comment peut-on modéliser l'écoulement du vent influencé par les roues ? Ce problème n'est pas réglable sans 3D. On pourrait par exemple définir une sorte de frontière perméable qui ne laisse passer qu'une partie des flux, mais il serait assez difficile de bien mesurer l'influence à accorder à ces parois.

Dans ce maillage, les mailles ont un volume compris entre  $3.10^{-7}$  et 1,5. Le volume minimal peut sembler un peu faible mais ne devrait pas poser de problème à Fluent. Le tout est structuré en quadrilatères.

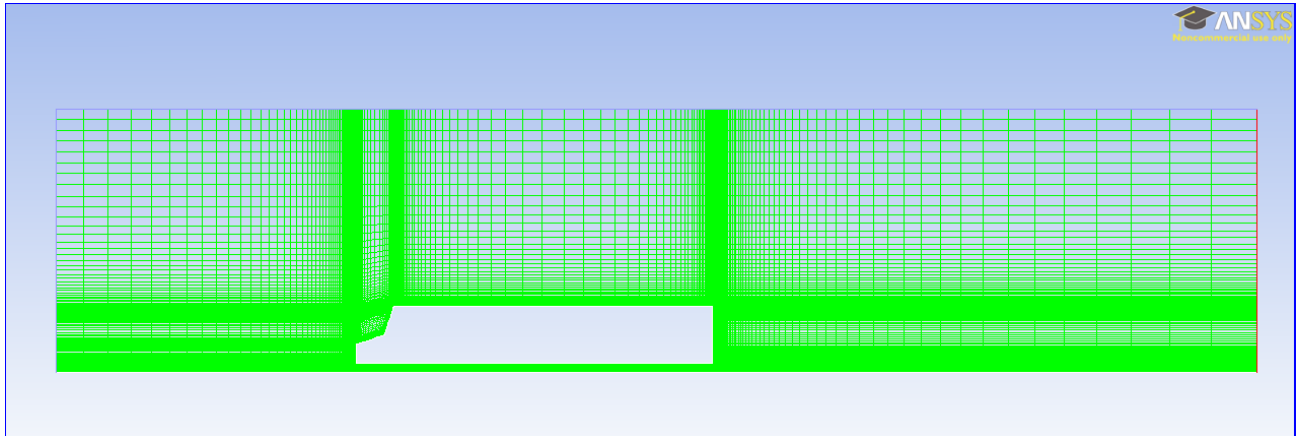


FIGURE 2 – 2<sup>e</sup> maillage : camion avec une remorque de hauteur égale à la cabine

### 1.3 Maillage avec cabine de hauteur inférieure à la remorque

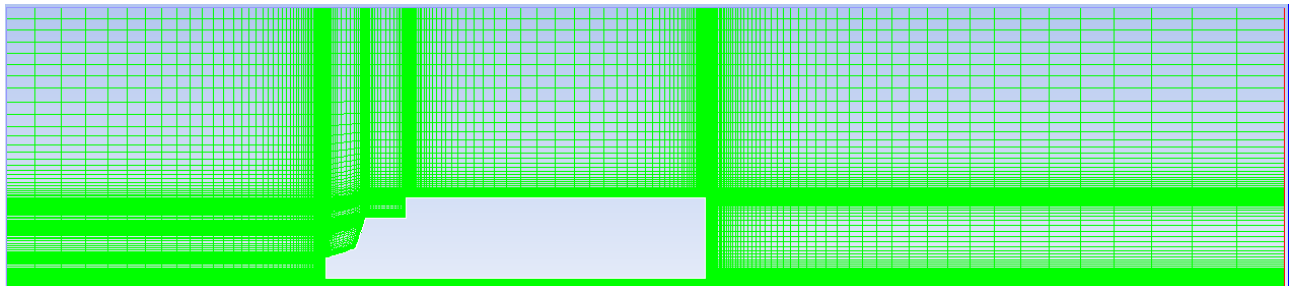


FIGURE 3 – 3<sup>e</sup> maillage : camion avec une remorque de hauteur supérieure à la cabine

On remarque ici que le maillage est organisé en plusieurs blocs, ce qui est plutôt une bonne chose car il permet des calculs rapides dans l'ensemble mais précis dans les zones où les écoulements seront plus perturbés (près du camion par exemple). Mais le résultat semble étrange : pourquoi le maillage est-il si resserré à l'avant, et pas autant à l'arrière ? Surtout qu'on peut imaginer que le flux sera d'autant plus perturbé à l'arrière sur une longue distance mais pas tellement à l'avant du camion, à part très près des parois. On aurait également pu le relâcher un peu plus en hauteur, mais cela aurait généré des mailles non perpendiculaires, ce qui peut compliquer les calculs (mais ce qui ne semble pas être un problème pour Fluent). Cependant, le fait que le maillage soit très fin au niveau des parois reste tout de même une bonne chose, surtout au dessus de la cabine où les petits coins formés avec la remorque seront très probablement source de tourbillons.

Les mailles ont ici un volume entre  $10^{-7}$  et 1,6, ce qui ne semble pas être gênant lors de nos calculs.

### 1.4 Maillage avec cabine de hauteur supérieure à la remorque

Ce maillage est divisé en plusieurs blocs, ce qui permet d'avoir des résultats affinés dans les zones de changement de bloc. Ce maillage est donc plutôt bon, mais au vu des résultats obtenus, on se rend compte que le maillage est trop resserré à l'arrière à hauteur du plafond de

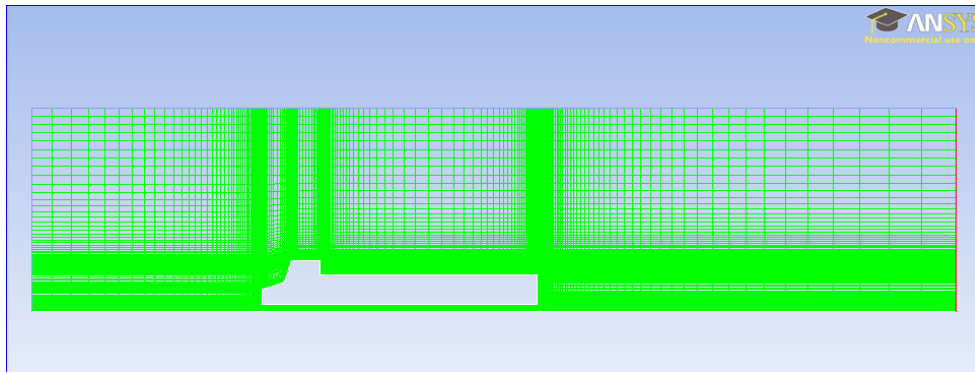


FIGURE 4 – 4<sup>e</sup> maillage : camion avec une remorque de hauteur inférieure à la cabine

la remorque et la solution prend du temps à cet endroit à traverser le maillage, alors qu'il aurait été, a posteriori, plus judicieux de mailler plus précisément à mi-hauteur où se situe le tourbillon.

## 2 Analyse des résultats obtenus

Maintenant que nos maillages ont été commentés et analysés, nous allons regarder les résultats obtenus lors de nos phases de calcul. Cependant, avant de lancer les calculs, quelques paramètres ont dû être réglés afin d'assurer une certaine convergence des calculs et surtout pour obtenir des résultats assez réalistes :

- Pour choisir le type de modèle à prendre en compte, nous nous sommes appuyés sur le calcul du nombre de Reynolds caractérisant notre expérience : La viscosité et la densité du fluide pris en compte sont ceux de l'air, la vitesse de référence a été naturellement celle du camion, et enfin, la longueur de référence choisie a été la hauteur du camion.
- On remarque que le nombre de Reynolds est ici à  $3 \cdot 10^6$  à  $60 \text{ hm.h}^{-1}$ . Étant donné que ce nombre est supérieur à 500 000, on va considérer cet écoulement comme non laminaire. On retrouve le même résultat à  $110 \text{ km.h}^{-1}$ .
- Le modèle choisi ici est le modèle k-epsilon de Fluent car il permet prendre en compte les turbulences et est un bon compromis entre la prise en compte de ce phénomène et le temps de calcul.

Étant donné qu'on a un obstacle (ce qui est tout de même le cœur de notre analyse), on choisit le modèle RNG pour obtenir plus de précision.

- Au niveau des différentes entrées, on doit également régler bien évidemment la vitesse (sans oublier de la mettre en  $\text{m.s}^{-1}$ ) ainsi que la turbulence (étant donné qu'on a demandé un modèle turbulent). On a ici deux paramètres à régler ( $K$  et  $\epsilon$ ), mais nous allons plutôt donner deux autres paramètres pour permettre à Fluent de calculer automatiquement ces paramètres de modèle :

- On règle tout d'abord la *turbulent intensity* (en %), qui est automatiquement réglé sur 10% et qui semblerait être le meilleur taux qu'on puisse utiliser puisqu'il s'agit du taux le plus fréquent dans la nature, donc particulièrement adapté à une expérience en plein air.
- On règle ensuite le *turbulent length scale* (en m) qui correspond à la taille maximale estimée que peut prendre une turbulence autour de notre obstacle. On le règle ici à 3m, soit environ la hauteur de notre camion.

On étudiera ici plusieurs résultats :

- les lignes de courant et les champs de pression et de vitesse
- les coefficients de frottement avec les parois

## 2.1 Étude de la cabine seule

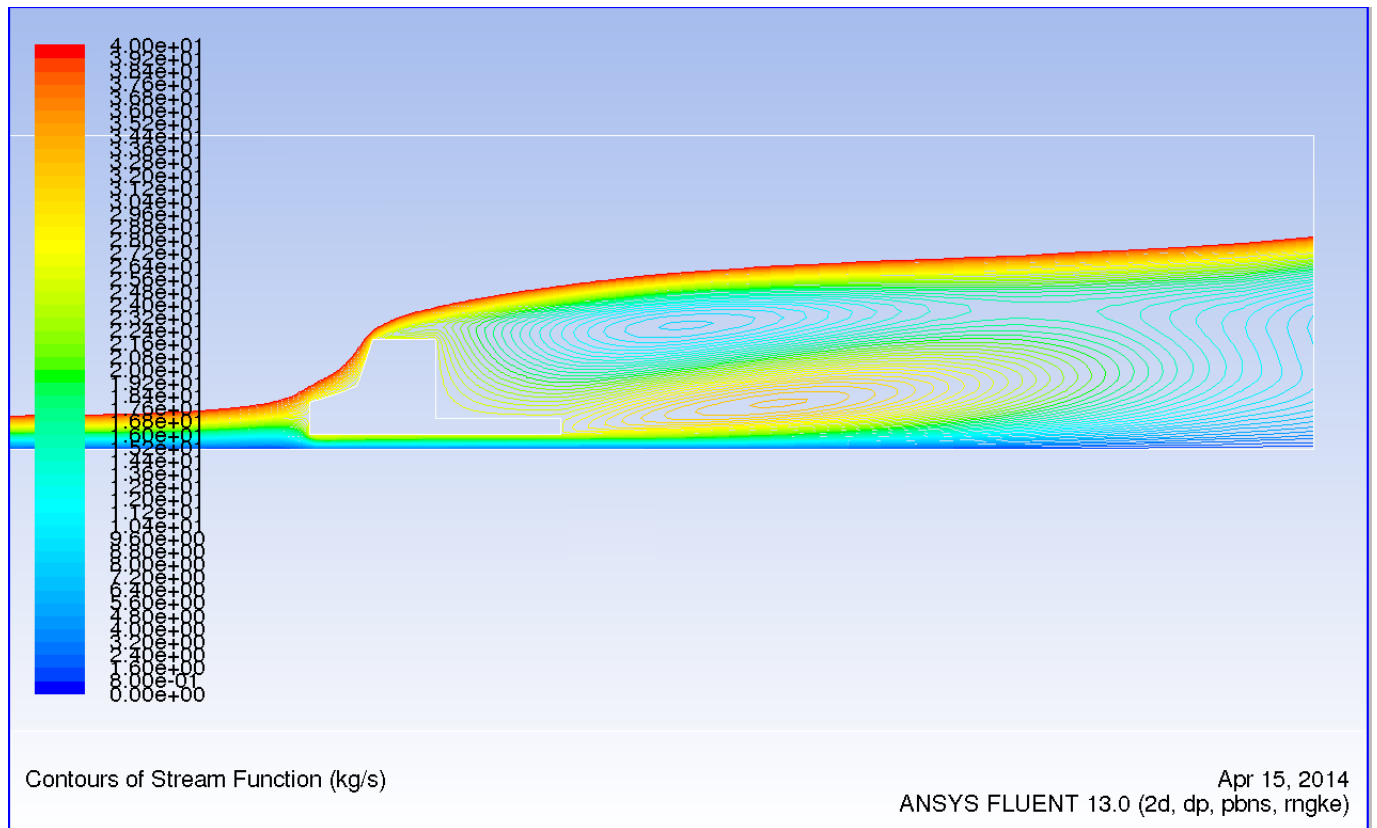


FIGURE 5 – Lignes de courant pour la cabine seule à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

On commence par étudier les lignes de courant présentés figure 5. Les résultats ne sont présentés ici qu'à  $110 \text{ km.h}^{-1}$  car ils changent très peu à  $60 \text{ km.h}^{-1}$ .

On remarque ici très clairement la traînée laissée par le camion lors de son passage. A l'arrivée sur le camion, le vent suit très clairement deux chemins : soit par le capot et au dessus du camion, soit par en dessous. Il en résulte juste derrière la cabine un tourbillon qui semble persister. On le voit plus clairement avec les vecteurs vitesse présentés figure 6.

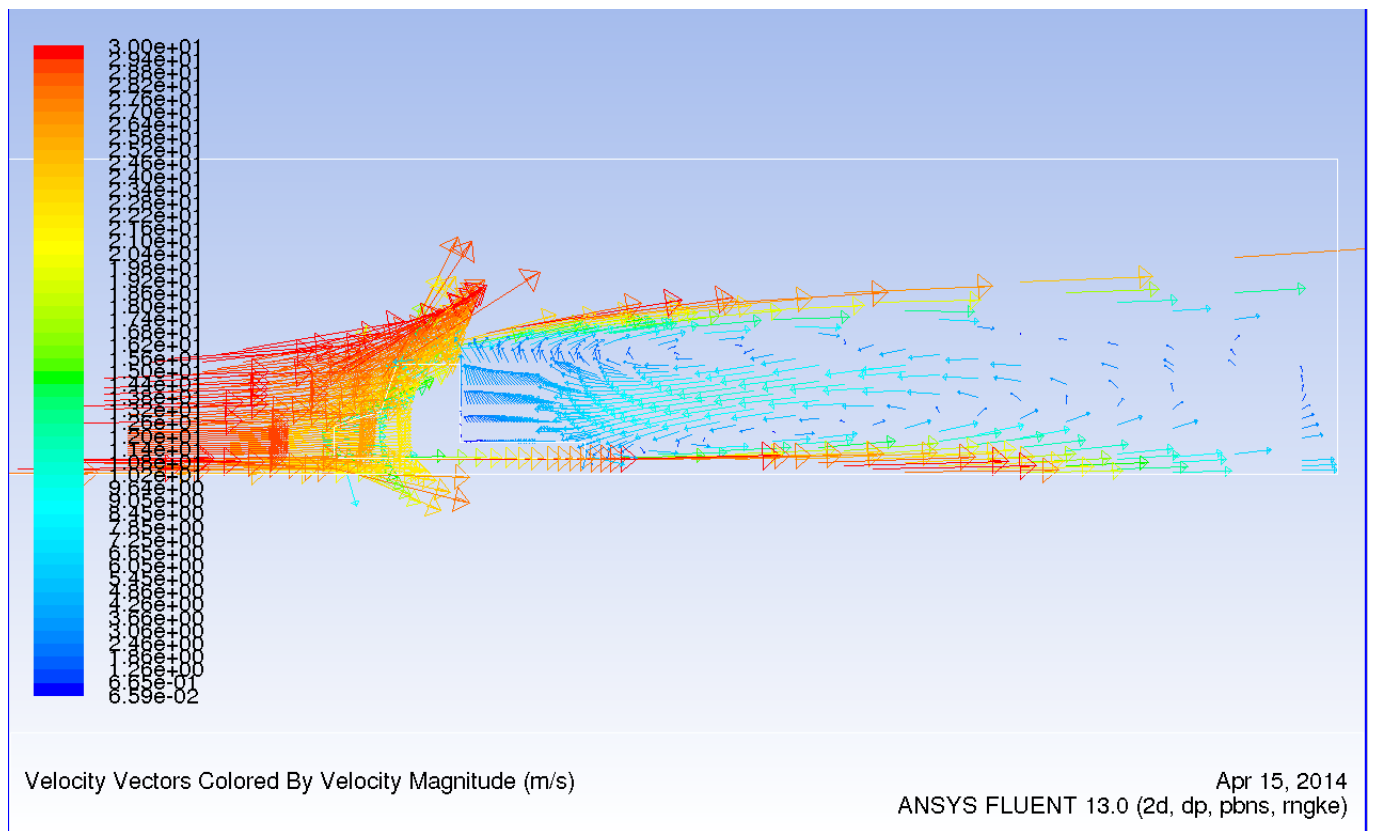


FIGURE 6 – Vecteurs vitesse pour la cabine seule à 110 km.h<sup>-1</sup>



Étudions à présent la pression sur les parois du camion. Comme on peut le voir figure 7, on a une pression plus faible à l'arrière de la cabine comparé à l'avant. Cela entraîne une sorte de résistance à l'avancement du camion.

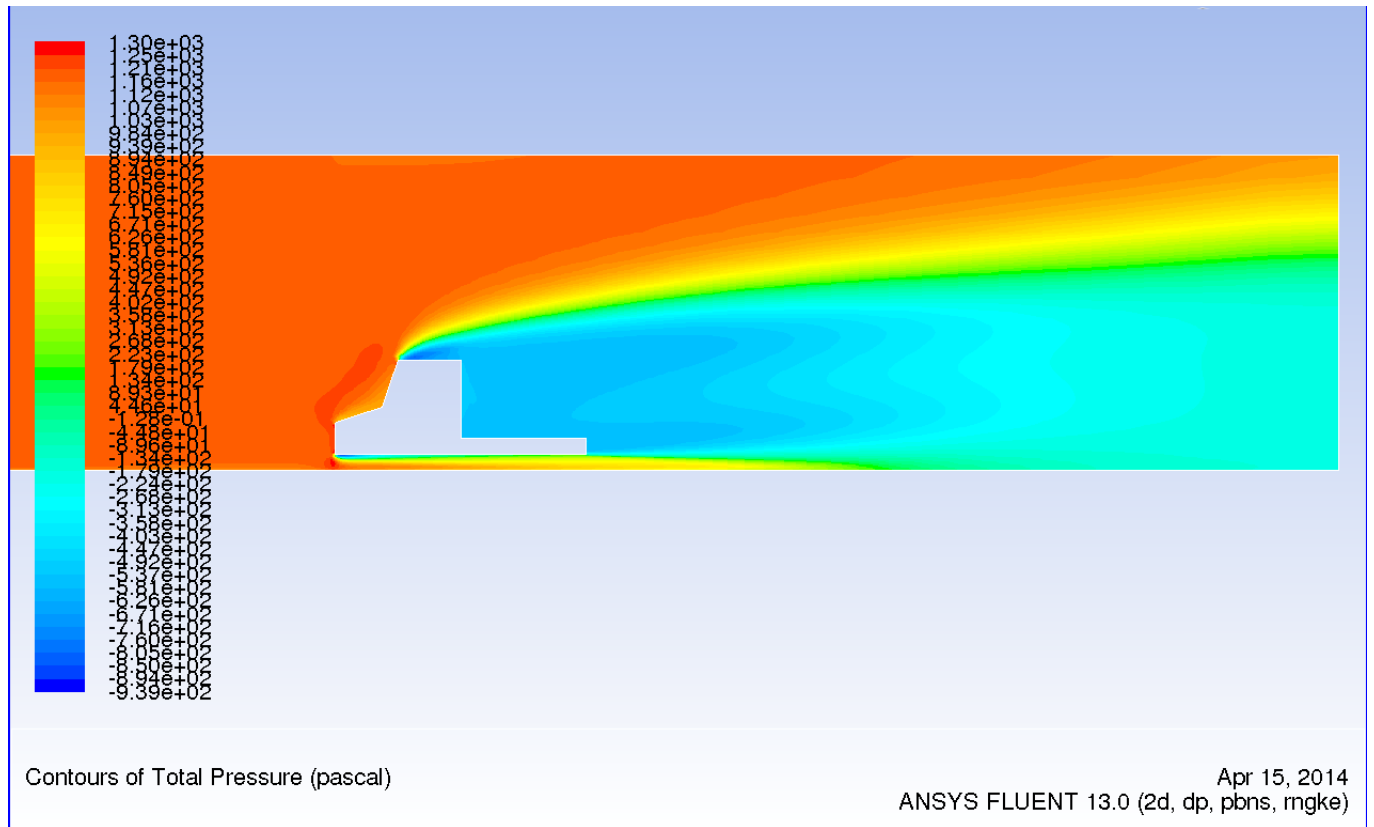


FIGURE 7 – Champ de pression pour la cabine seule à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

On peut également observer les coefficients de frottement contre les parois suivant les vecteurs de la base canonique (bien nommés coefficients  $C_x$  et  $C_y$ ). Les parois qui nous intéresseront seront bien sûr les parois du camion et non pas tous les autres murs qui définissent la frontière du domaine.

On a ici deux données pour les frottements qui sont exprimés en Newton : une mesure Pressure qui donne la force de pression normale à la surface, et une mesure Viscous qui nous donne les frottements tangentiels. Il peut être intéressant de regarder la proportions de forces tangentiels par rapport aux forces totales : si la proportion est forte, il pourrait être intéressant de resserrer le maillage près des parois pour connaître plus précisément la forme des écoulements.

Les résultats sont dans cet exemple les suivants :

Forces - Direction Vector (1 0 0)			
	Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total
arriere_cabine	1353.4712	0	1353.4712
arriere_camion	272.26549	0	272.26549
capot	415.56441	1.5682516	417.13266
pare-brise	1048.325	0.98624219	1049.3113
pare-buflé	1121.3655	0	1121.3655
plancher	0	20.532769	20.532769
plateau	0	-0.50339391	-0.50339391
toit	0	-1.7254131	-1.7254131
Net	4210.9917	20.858455	4231.8501

Forces - Direction Vector (0 1 0)			
	Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total
arriere_cabine	0	0.24353637	0.24353637
arriere_camion	0	-0.090688751	-0.090688751
capot	-1246.6932	0.52275052	-1246.1705
pare-brise	-349.44168	2.9587266	-346.48295
pare-buflé	0	-0.48552695	-0.48552695
plancher	-4611.9409	0	-4611.9409
plateau	2179.7929	0	2179.7929
toit	1747.0896	0	1747.0896
Net	-2281.1934	3.1487978	-2278.0446

On voit ici que les forces tangentielles sont clairement faibles par rapport aux forces totales. Il n'est donc nul besoin de resserrer le maillage.

Par rapport aux forces en elles-mêmes, on retrouve l'aspiration à l'arrière du camion qui empêche le camion d'avancer, au même niveau que le tourbillon. Le vent oppose également une certaine résistance à l'avancement du camion en exerçant une pression sur le capot, le pare-brise et le pare-buflé.

## 2.2 Étude avec cabine à la même hauteur que la remorque

Les lignes de courant sur la figure 8 laissent deviner des tourbillons situés à l'arrière, au-dessus du capot, ainsi qu'au-dessus de la remorque.

Grâce à la figure 9, on s'aperçoit que le tourbillon situé au-dessus de la remorque participe au mouvement, ce que l'on peut vérifier à l'aide du récapitulatif des forces tangentielles exercées sur le camion sur la partie "toit" qui sont positives.

A l'aide de ces résultats, on confirme que le vent s'oppose fortement au mouvement avec des forces très importantes à l'avant du camion et encore une fois, que la dépression à l'arrière aspire le camion et donc le freine.

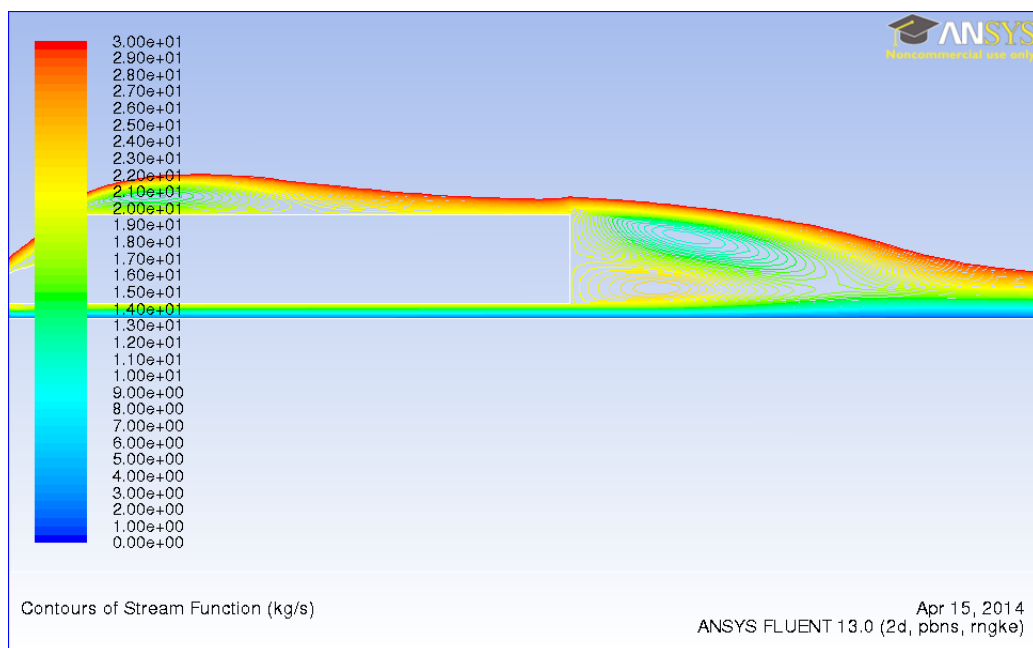


FIGURE 8 – Lignes de courant pour le camion avec remorque aussi haute à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

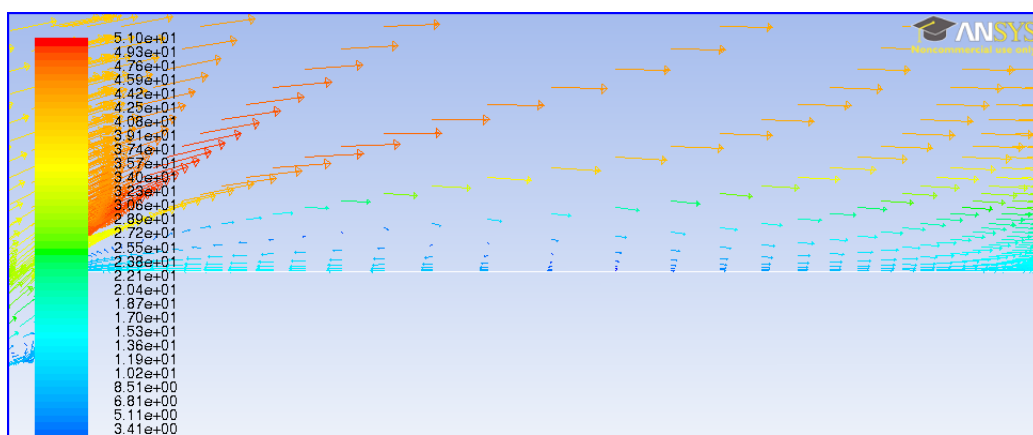


FIGURE 9 – Vecteurs vitesse pour la cabine avec remorque aussi haute à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

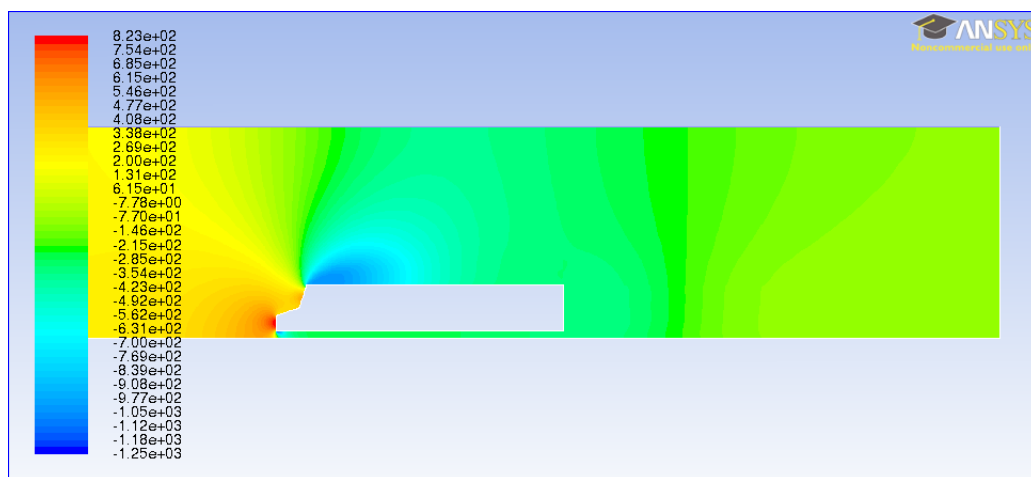


FIGURE 10 – Champ de pression pour le camion avec remorque aussi haute à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

Forces - Direction Vector (1 0 0)						
Zone	Forces (n) Pressure	Viscous	Total	Coefficients Pressure	Viscous	Total
arriere	1060.8812	0	1060.8812	1732.051	0	1732.051
avant	673.27032	0	673.27032	1099.2169	0	1099.2169
bas	0	27.267527	27.267527	0	44.518411	44.518411
capot	105.6777	-0.83775616	104.83994	172.53501	-1.3677652	171.16725
parebrise	348.31738	0.38972592	348.70711	568.68144	0.63628722	569.31773
toit	0	-1.0909681	-1.0909681	0	-1.7811725	-1.7811725
Net	2188.1466	25.728528	2213.8752	3572.4843	42.00576	3614.4901
Forces - Direction Vector (0 1 0)						
Zone	Forces (n) Pressure	Viscous	Total	Coefficients Pressure	Viscous	Total
arriere	0	0.1753868	0.1753868	0	0.2863458	0.2863458
avant	0	-0.10380032	-0.10380032	0	-0.16946991	-0.16946991
bas	-5585.1128	0	-5585.1128	-9118.5515	0	-9118.5515
capot	-317.03308	-0.27925202	-317.31233	-517.60503	-0.45592167	-518.06095
parebrise	-116.1058	1.1691782	-114.93663	-189.5605	1.9088624	-187.65163
toit	10816.42	0	10816.42	17659.461	0	17659.461
Net	4798.1682	0.96151271	4799.1298	7833.7441	1.5698167	7835.3139

FIGURE 11 – Détail des forces pour le camion avec remorque aussi haute à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

## 2.3 Étude avec cabine de hauteur inférieure à la remorque

Les lignes de courant montrées dans la figure 12 montrent encore un tourbillon à l'arrière du camion ainsi que vers le capot. Cependant, on remarque en plus un petit tourbillon supplémentaire au dessus de la cabine, devant la remorque.

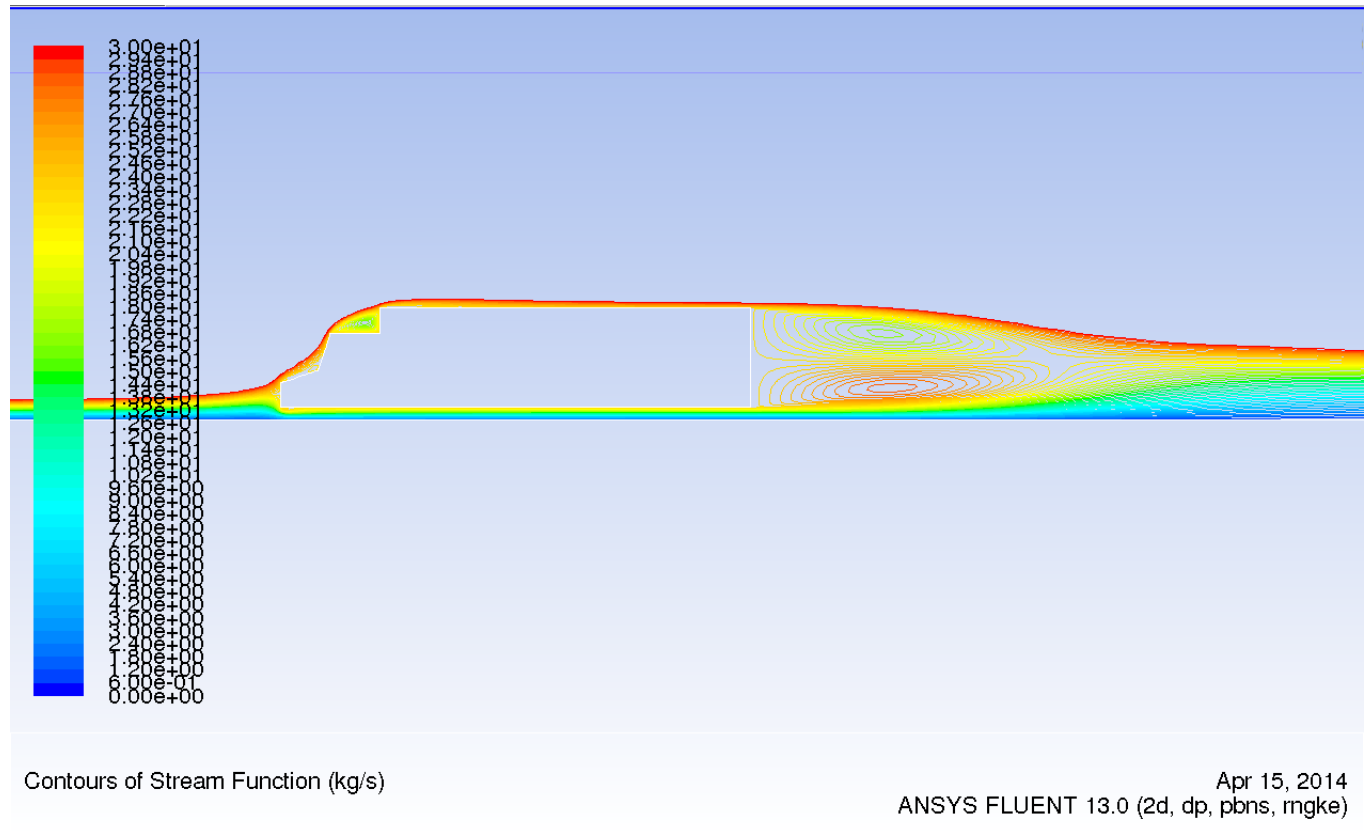


FIGURE 12 – Lignes de courant pour le camion avec remorque plus grande à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

On étudie ces tourbillons de plus près grâce aux vecteurs vitesse figure 13 et surtout grâce à la figure 14. La première nous montre le même tourbillon que vu précédemment. La deuxième figure nous montre un petit tourbillon qui se forme juste au-dessus de la cabine dû au fait que la remorque est plus haute que la cabine.

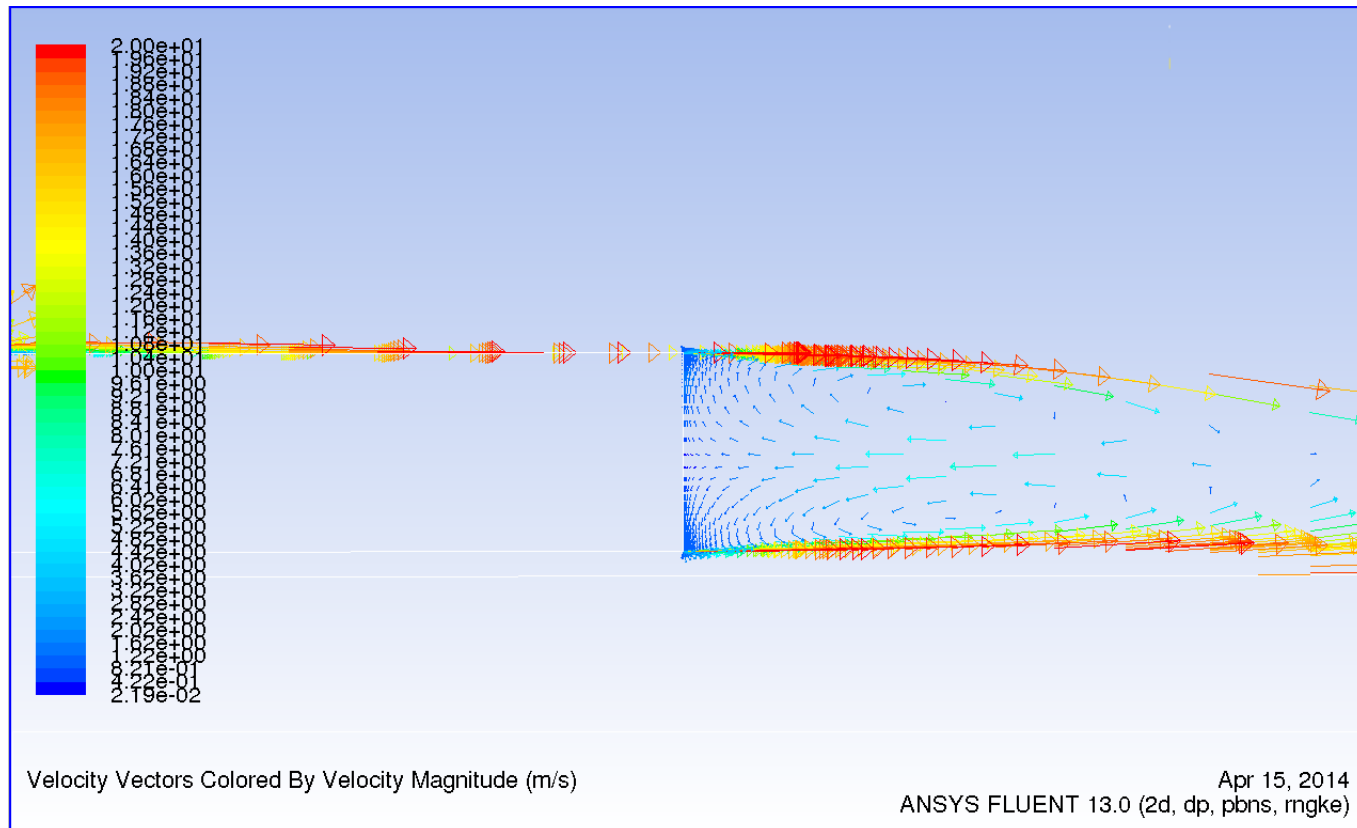
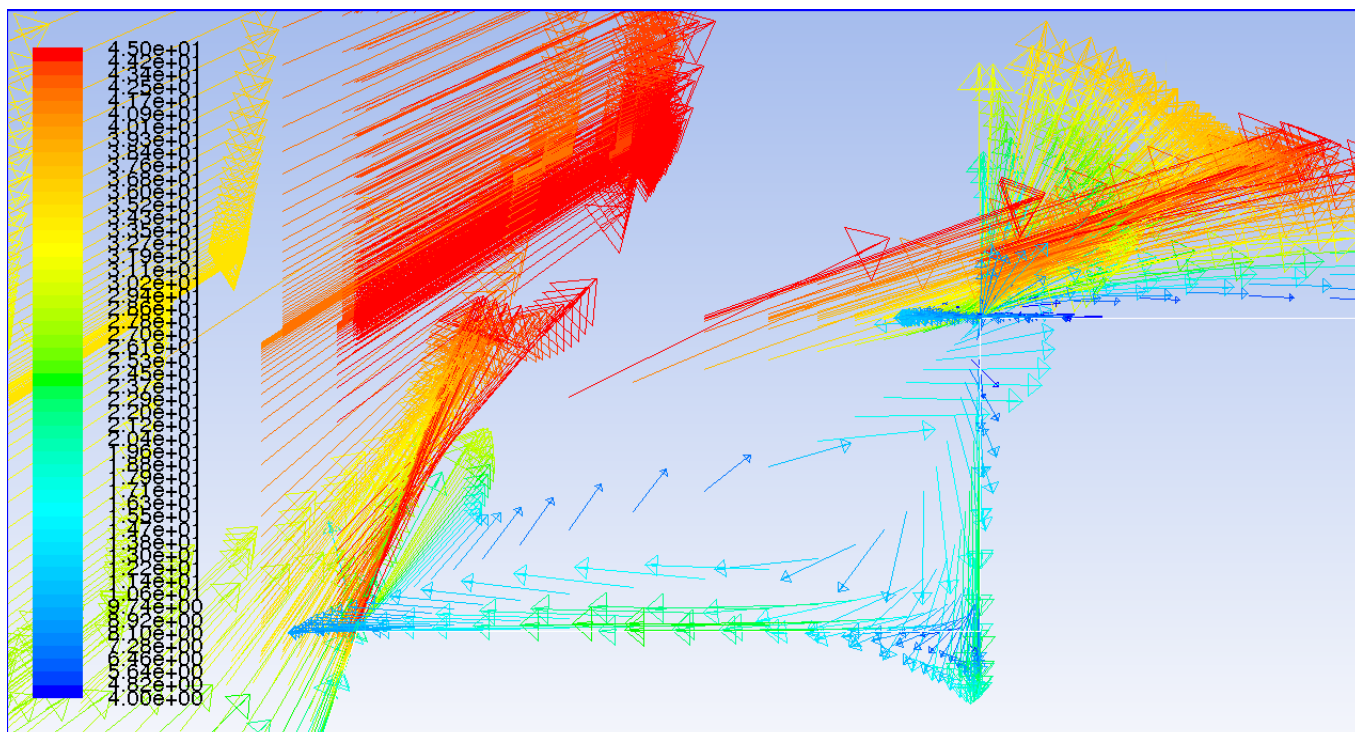


FIGURE 13 – Vecteur vitesse pour le camion avec remorque plus grande à  $110 \text{ km.h}^{-1}$



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

Apr 15, 2014  
ANSYS FLUENT 13.0 (2d, dp, pbns, mgke)

FIGURE 14 – Vecteur vitesse dans le coin entre le haut de la cabine et l'avant de la remorque.

Ce dernier pourrait sembler banal, mais on remarque en étudiant les pressions qu'il pourrait en vérité aider (un minimum) le camion à avancer. En effet, si on regarde le champ de pression figure 15 et surtout les coefficients de frottement, on se rend compte de ce résultat.

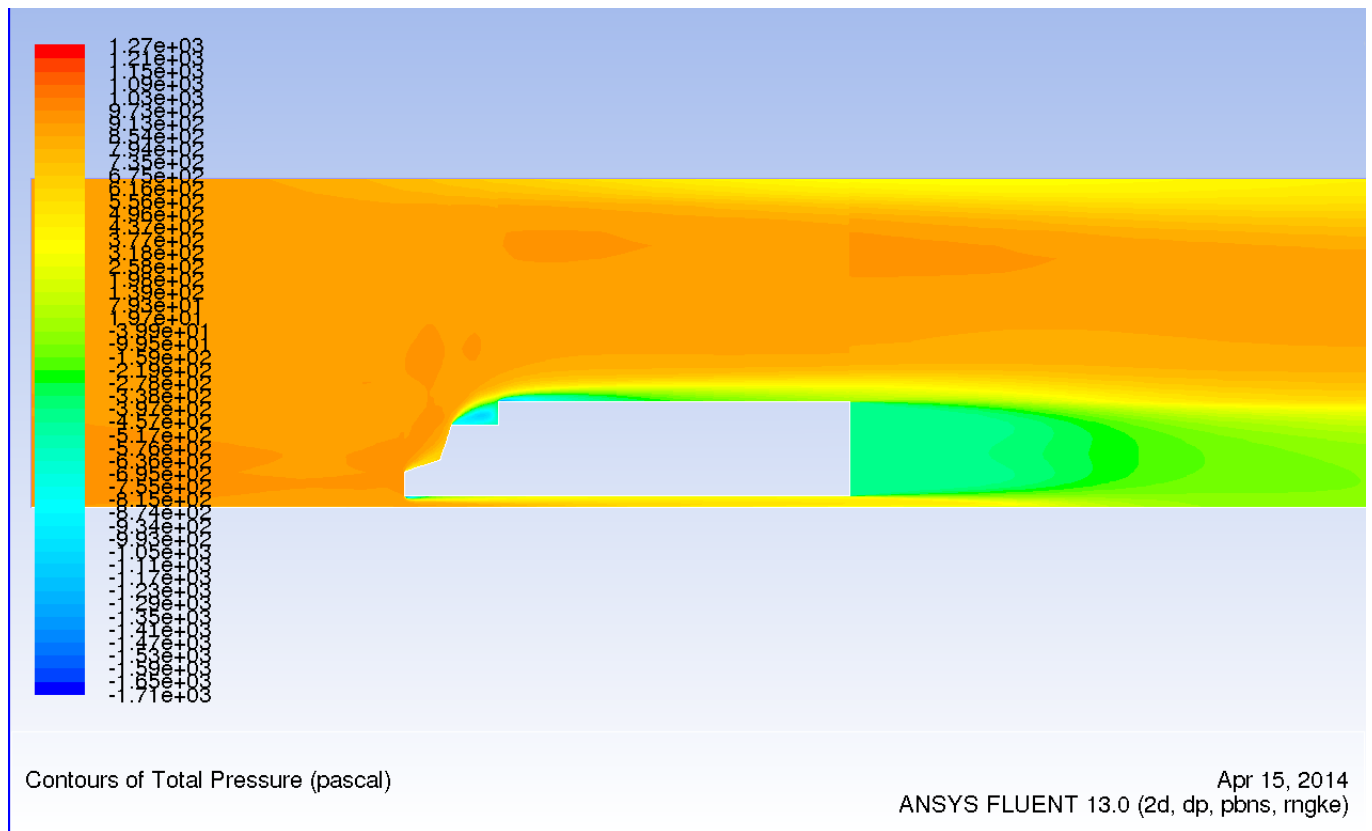


FIGURE 15 – Champ de pression pour le camion avec remorque plus grande à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

Forces - Direction Vector (1 0 0)			
	Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total
arriere	1737.1378	0	1737.1378
avant	854.85113	0	854.85113
avantremorque	-643.02092	3.0323539e-08	-643.02092
bas	0	36.397427	36.397427
capot	263.17073	-0.44857616	262.72215
parebrise	728.55491	0.75024027	729.30515
toit	0	-3.1816418	-3.1816418
toitremorque	7.8748732e-06	16.536369	16.536376
Net	2940.6937	50.053818	2990.7475



Forces - Direction Vector (0 1 0)			
	Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total
arriere	0	0.015144547	0.015144547
avant	0	-0.42331351	-0.42331351
avantremorque	-1.2852065e-05	-1.5135782	-1.513591
bas	-7194.5353	0	-7194.5353
capot	-789.51218	-0.14952539	-789.6617
parebrise	-242.85164	2.2507208	-240.60092
toit	1850.4328	0	1850.4328
toitremporque	7879.9682	-1.653932e-08	7879.9682
Net	1503.5019	0.17944826	1503.6813

On voit donc que les efforts sur l'avant de la remorque sont opposés à ceux à l'arrière. Une légère dépression qui permet au camion d'avancer un peu plus facilement !

## 2.4 Étude avec cabine de hauteur supérieure à la remorque

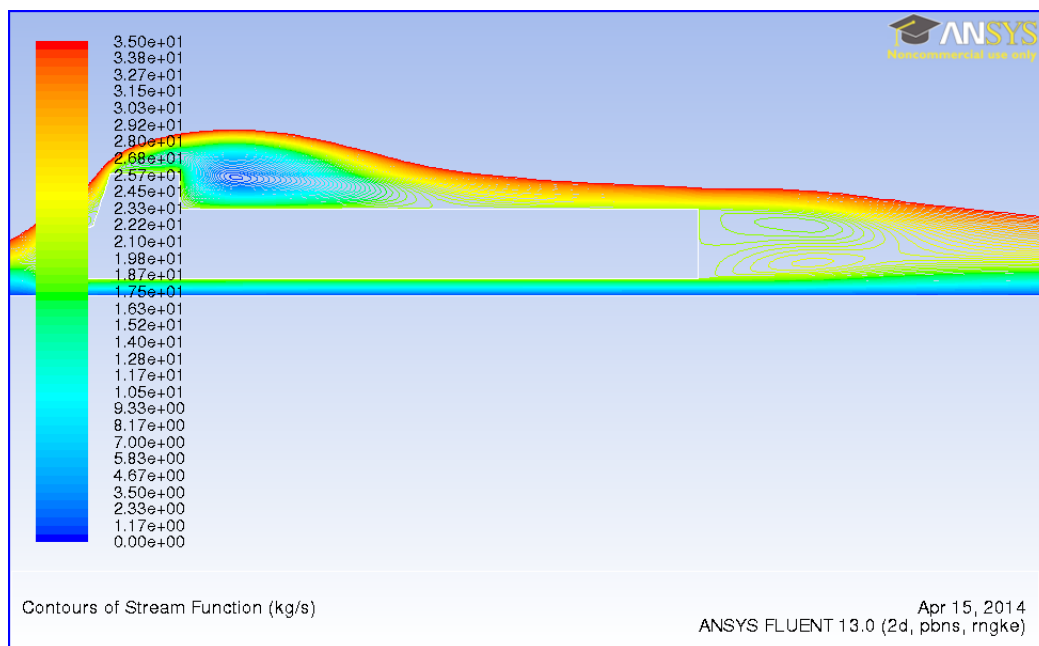


FIGURE 16 – Lignes de courant pour le camion avec remorque plus petite à 110 km.h<sup>-1</sup>

Encore une fois, les trois tourbillons sont mis en évidence par la figure 16 et le tourbillon situé au-dessus de la remorque semble encore plus visible.

Ainsi, on réalise une nouvelle fois que ce tourbillon participe au mouvement avec une force tangentielle positive sur le "toitremporque" (figure 19).

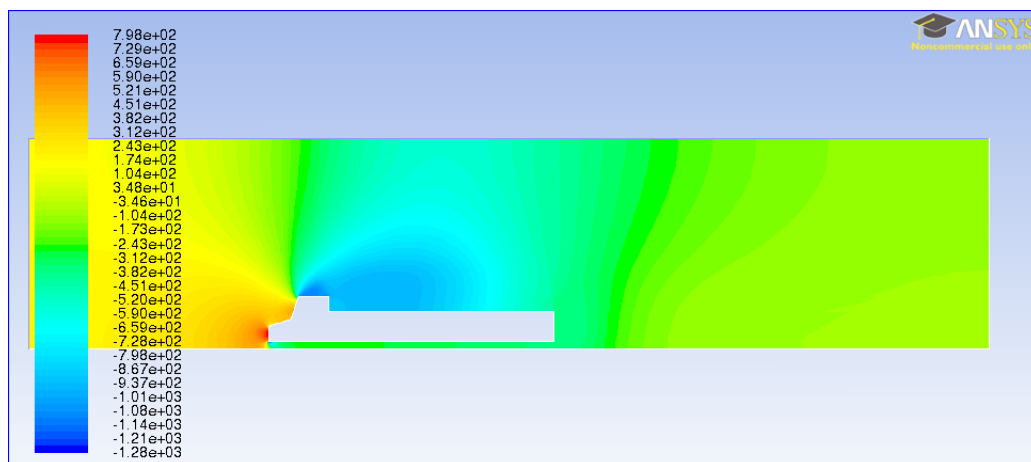


FIGURE 17 – Champ de pression pour le camion avec remorque plus petite à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

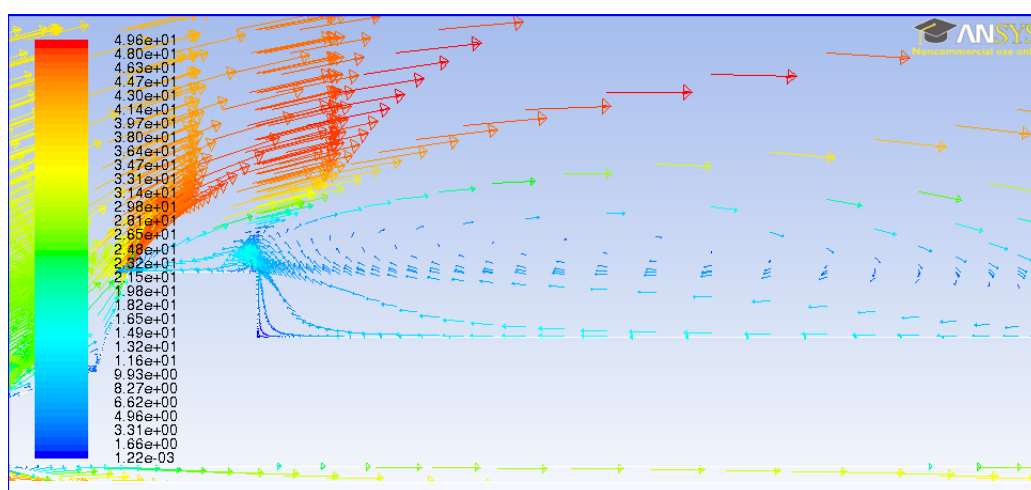


FIGURE 18 – Vecteur vitesse pour le camion avec remorque plus grande à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

Forces - Direction Vector (1 0 0)						
Zone	Forces (n)			Coefficients		
	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
arriere	676.7157	0	676.7157	1104.842	0	1104.842
arrierrecabine	877.08374	0	877.08374	1431.9735	0	1431.9735
avant	662.85565	0	662.85565	1082.2133	0	1082.2133
bas	0	28.915941	28.915941	0	47.2097	47.2097
capot	131.9883	-0.69965667	131.28864	215.4911	-1.1422966	214.3488
parebrise	366.69705	0.65086722	367.34792	598.68906	1.0626404	599.7517
toit	0	-1.0030026	-1.0030026	0	-1.6375553	-1.6375553
toitremerque	0	-5.3915291	-5.3915291	0	-8.8024965	-8.8024965
Net	2715.3404	22.47262	2737.8131	4433.2089	36.689992	4469.8989

Forces - Direction Vector (0 1 0)						
Zone	Forces (n)			Coefficients		
	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
arriere	0	0.0094442973	0.0094442973	0	0.015419261	0.015419261
arrierrecabine	0	1.1482195	1.1482195	0	1.874644	1.874644
avant	0	-0.12397411	-0.12397411	0	-0.20240671	-0.20240671
bas	-5498.4277	0	-5498.4277	-8977.0249	0	-8977.0249
capot	-395.96487	-0.23321889	-396.19809	-646.47326	-0.38076554	-646.85403
parebrise	-122.23239	1.9526012	-120.27979	-199.56309	3.1879203	-196.37517
toit	2508.7766	0	2508.7766	4095.9618	0	4095.9618
toitremerque	7231.6562	0	7231.6562	11806.786	0	11806.786
Net	3723.8079	2.753072	3726.5609	6079.6863	4.4948114	6084.1811

FIGURE 19 – Détail des forces pour le camion avec remorque inférieure à  $110 \text{ km.h}^{-1}$

### 3 Commentaires

Comparons les différentes remorques. On va s'intéresser principalement à trois points :

- La tenue de route
- La consommation
- L'optimisation de la géométrie de la remorque

#### 3.1 Tenue de route

La tenue de route tient essentiellement de la position du centre de gravité du camion : plus il est bas, plus la tenue de route sera bonne. Dans le cadre de notre étude, on s'intéresse uniquement aux forces de pression. On remarque ici qu'elles seront bien trop faibles pour avoir une importance par rapport au poids du camion. En effet, si on prends les forces totales orientées selon  $y$  dans nos précédents exemples, on obtient :

Remorque 1	4 798
Remorque 2	1 503
Remorque 3	3 723

Réexprimé en kg, cela correspond à un poids entre 150 et 480kg, ce qui n'est pas significatif pour un camion pouvant aller jusqu'à 3,5 tonnes.

Si on désire donc jouer sur la géométrie, on va plutôt s'intéresser aux force selon  $x$ , et donc jouer pour optimiser la consommation et la quantité de marchandise transportée.

#### 3.2 Consommation

Pour optimiser la consommation, on va essayer de réduire les forces de trainée. Cela dépend essentiellement de deux caractéristiques :

- la pression à l'avant du camion
- l'aspiration du camion dûe aux différents tourbillons.

Pour la pression à l'avant, on remarque que le pare-choc et le pare-brise portent la plupart des forces appliquées selon  $x$ . Afin de réduire les forces appliquées sur ces parois, il faudrait donc modifier la géométrie de la cabine afin qu'elle ait une meilleure pénétration dans l'air. Cependant, toutes les cabines ont ici la même forme, et il est donc difficile de voir quelle serait la meilleure configuration possible.

Cependant, lorsque l'on compare les résultats obtenus pour la composante de frottements en  $x$  sur la partie toitremorque, on peut remarquer que la configuration optimale pour la remorque est celle où la remorque est plus haute que la cabine, suivie par celle où la cabine et la remorque sont à la même hauteur, et que la pire est celle où la remorque est plus basse que la cabine. En effet, dans le cas d'une remorque plus haute, on crée une dépression poussant le camion dans le bon sens. On ne retrouve pas le même cas dans les autres configurations.

On en déduit donc que la meilleure configuration est celle avec une remorque plus haute que la cabine.

#### 3.3 Optimisation de la géométrie de la remorque

Comme nous avons pu le constater, l'effort vertical sur le toit de la remorque est assez négligeable, ainsi si l'on veut pouvoir transporter plus de marchandises, il vaudra mieux jouer sur la

longueur de la remorque que sur sa hauteur, et ainsi privilégier la minimisation de la consommation due à l'effort de trainée.

De plus, allonger la remorque n'apportera pas plus de frottements. En effet, si on regarde les forces selon  $x$  en dessous et au-dessous du camion, elles sont toujours nulles ! On risque au pire d'apporter quelques forces de frottement qui sont, comme on l'a déjà dit, clairement négligeable. On allonge donc la longueur de la remorque au maximum, ce qui ne sera finalement limité que par des considérations techniques (par exemple, un camion trop long aura du mal à tourner dans certains virages où à aller dans certains ronds-points). Cela est bien évidemment limité par les différentes législations.

### **3.4 Remarque complémentaire**

Au cours de cette étude, nous nous sommes peu attachés aux résultats obtenus lorsque le camion se déplace à 60km/h. En effet, ceux-ci montraient toujours les mêmes tendances que ceux obtenus avec une vitesse de 110km/h. Cependant, nous avons pu remarquer que les efforts de pression de l'air sur les parois du camion étaient proportionnels au carré de la vitesse du camion ; ce qui est probablement dû à la modélisation des frottements de l'air choisie par Fluent.