

# Projet F1

---



Allemand Camille, Apack Blandine, Bour  
Gabrielle, Fulcrand Jasmine, Rousseau  
Jeremy, Trident Colin

05/03/2025

# Sommaire

- 1. Introduction**
- 2. Cahier des Charges**
- 3. Les avancées du projet :**
  - a) CAO**
  - b) Simulations Star CCM**
  - c) FAO**
- 4. Phase de tests**
- 5. Conclusion**
- 6. RETEX**

## Résumé du projet de S5 :

- Plusieurs conceptions
- Analyse aérodynamique : Les normes du règlement F1 in Schools, notamment concernant la longueur et la courbure de l'aileron arrière, n'ont pas été respectées.
- Normes vérifiées
- Impression 3D : réalisation de 3 voitures (dont le modèle final)
- Vérification des cotations

# 1. Introduction

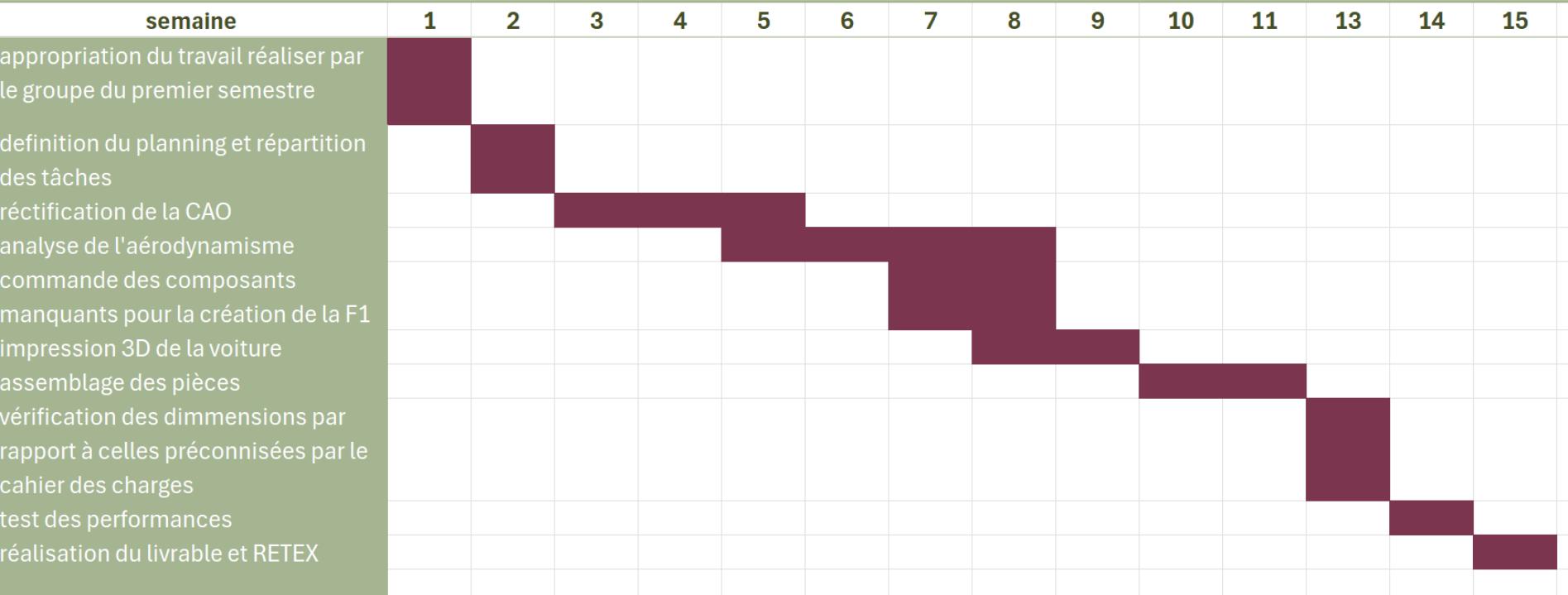
---

La F1



# Planning de Gantt

## planning du projet



## Introduction générale :

- **Objectif du projet** : concevoir une voiture miniature F1 in Schools pour une piste de 20m
- **Enjeu principal** : réduire les pertes dues au frottements, à l'aérodynamique et à la masse
- **Méthodologie utilisée** : Etude des pertes par le 5 principaux paramètres.
- **Contraintes à respecter** :  
Masse minimale pour une accélération optimale  
Contraintes de fabrication

## 5 Paramètres les plus influents :

5 facteurs techniques principaux influençant directement la performance de la voiture F1 in Schools :

- **Traînée aérodynamique** : réduire la résistance à l'air
- **Comportement au lancement** : efficacité de l'énergie de la cartouche de CO<sub>2</sub> transférée à la voiture pour maximiser l'accélération dès le départ
- **Système de roues** : roulements, jantes et l'axe, minimiser les frottements pour rouler plus facilement et plus longtemps
- **Guide de ligne** : éviter les frottements inutiles et les déraillements
- **Stabilité directionnelle** : maintenir une trajectoire droite pour ne pas engendrer des frottements

# Diagramme SWOT

Le but est d'améliorer nos forces et minimiser nos faiblesses.

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"><li>- Connaissances CAO</li><li>- Possibilité d'utiliser des logiciels professionnels</li><li>- Mise à disposition de machines de FAO</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Manque de connaissance dans les logiciels de simulation</li><li>- Manque d'expérience dans la gestion de projet</li><li>- Dépendance à certains outils</li></ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"><li>- Développement de compétences valorisables au près des entreprises</li><li>- projet ayant une reconnaissance internationale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contraintes techniques et réglementation très stricte</li><li>- Défaillance possible d'un composant au moment des essais</li></ul>

## 2. Cahier des charges

---

# Principaux éléments du cahier des charges :

## Dimensions & poids :

- Longueur : **170 à 210 mm**
- Largeur max : **85 mm**
- Hauteur max : **65 mm**
- Poids min : **50 g** (sans cartouche)
- Garde au sol min : **1,5 mm**

## Caractéristiques obligatoires :

- Propulsion par cartouche d'air comprimé 8g
- Voiture fabriquée en CNC dans un bloc officiel F1®
- 4 roues cylindriques obligatoires, visibles et en contact avec la piste
- Un cargo virtuel intégré dans le châssis
- Ailes avant et arrière rigides, avec formes aérodynamiques définies

## Sécurité & guidage :

- 2 guides de ligne de course (avant et arrière)
- Chambre de cartouche sécurisée et bien positionnée
- Aucune pièce ne doit se détacher pendant la course

## Dessins techniques :

- Plans CAO détaillés avec dimensions
- Tous les éléments doivent être clairement identifiés (aile, nez, roues...)

Cahier des charges complet :  
[https://savoir.ensam.eu/moodle/pluginfile.php/797712/mod\\_resource/content/0/f1swf\\_2024\\_technical\\_regulations.pdf \(58 pages \)](https://savoir.ensam.eu/moodle/pluginfile.php/797712/mod_resource/content/0/f1swf_2024_technical_regulations.pdf (58 pages ))

## 3. Avancement du projet

---

## Système de roue :

Soit le moment d'inertie :

$$J = \frac{1}{2} \rho_{roue} \pi b (r_1^4 - r_2^4)$$

Le moment d'inertie des roues n'étant pas utile pour avancer, il faut réduire cette énergie. Pour se faire, nous avons déterminer :

- le rayon extérieur ( $\leq 28$  mm),
- on rapproche le rayon intérieur ( $\geq 26,9$  mm),
- et on diminue l'épaisseur de roulement
- la densité du matériau étant négligeable, le choix du matériau reste libre

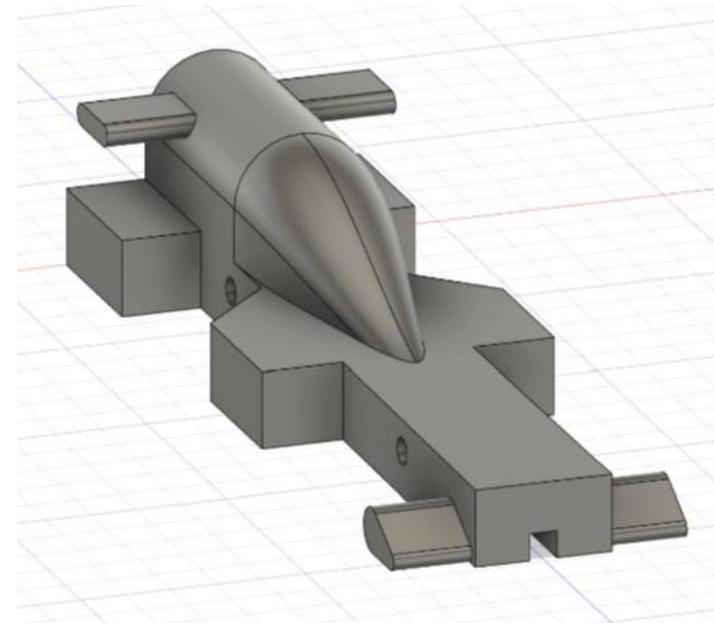
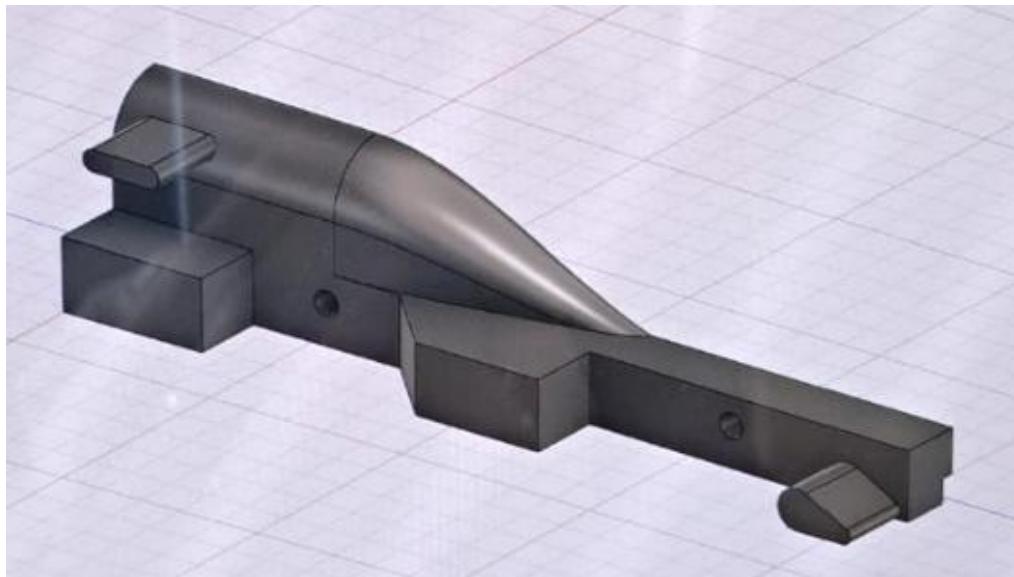
## a) Avancement de la CAO

- La voiture créée par le groupe du premier semestre a dû être intégralement reprise.
- Des améliorations relatives à la course en ligne droites ont été intégrées.
- Modification des ailerons et place des roues.

# a) CAO sur Fusion

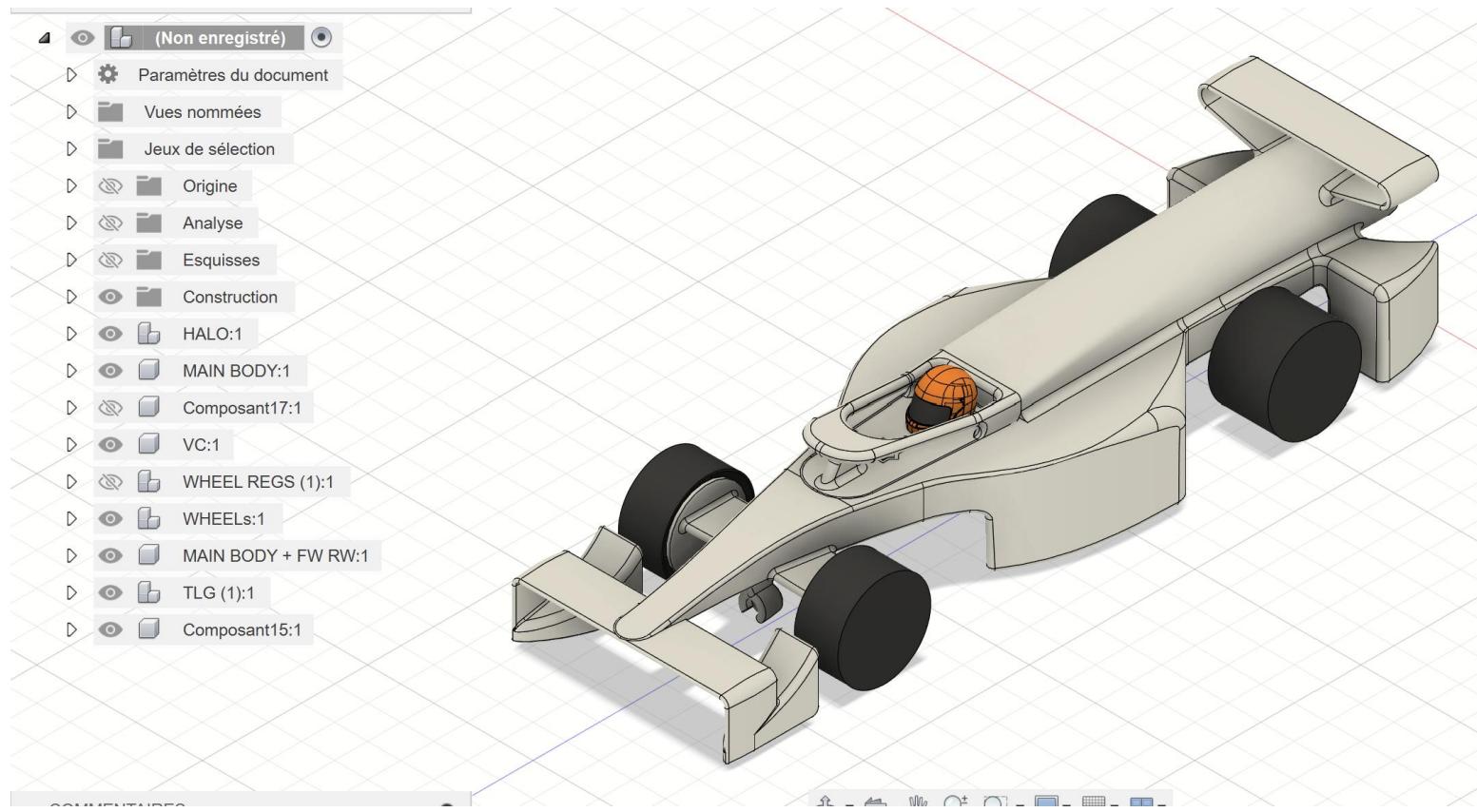
---

# Première tentative de réalisation de la voiture

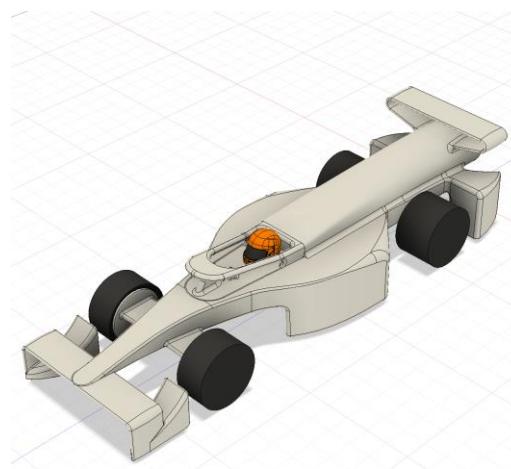
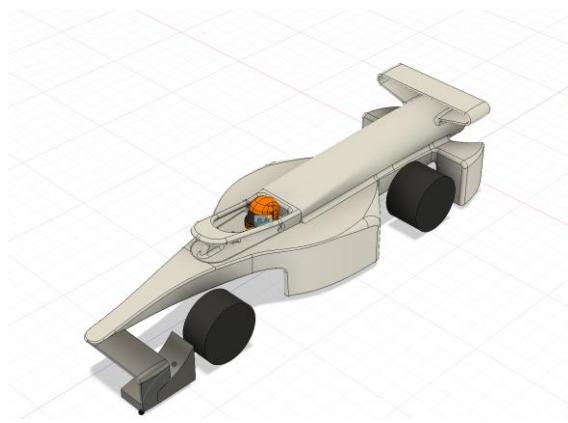
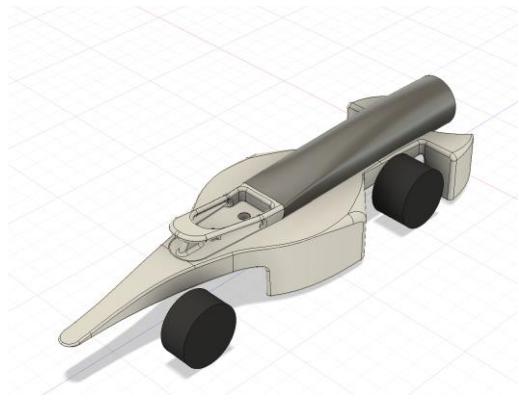
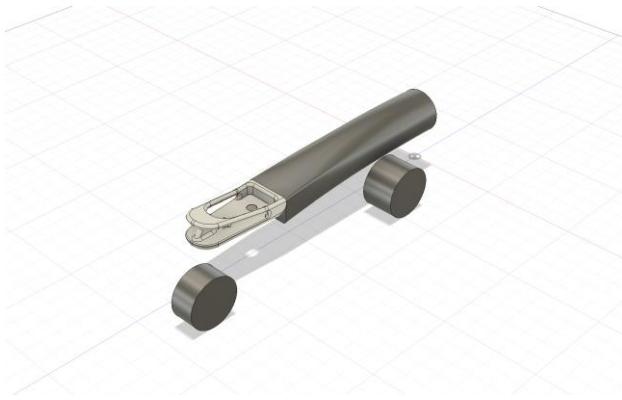


Il n'a pas été possible de sauvegarder cette version pour des problèmes de licence.

# Notre voiture finale de F1

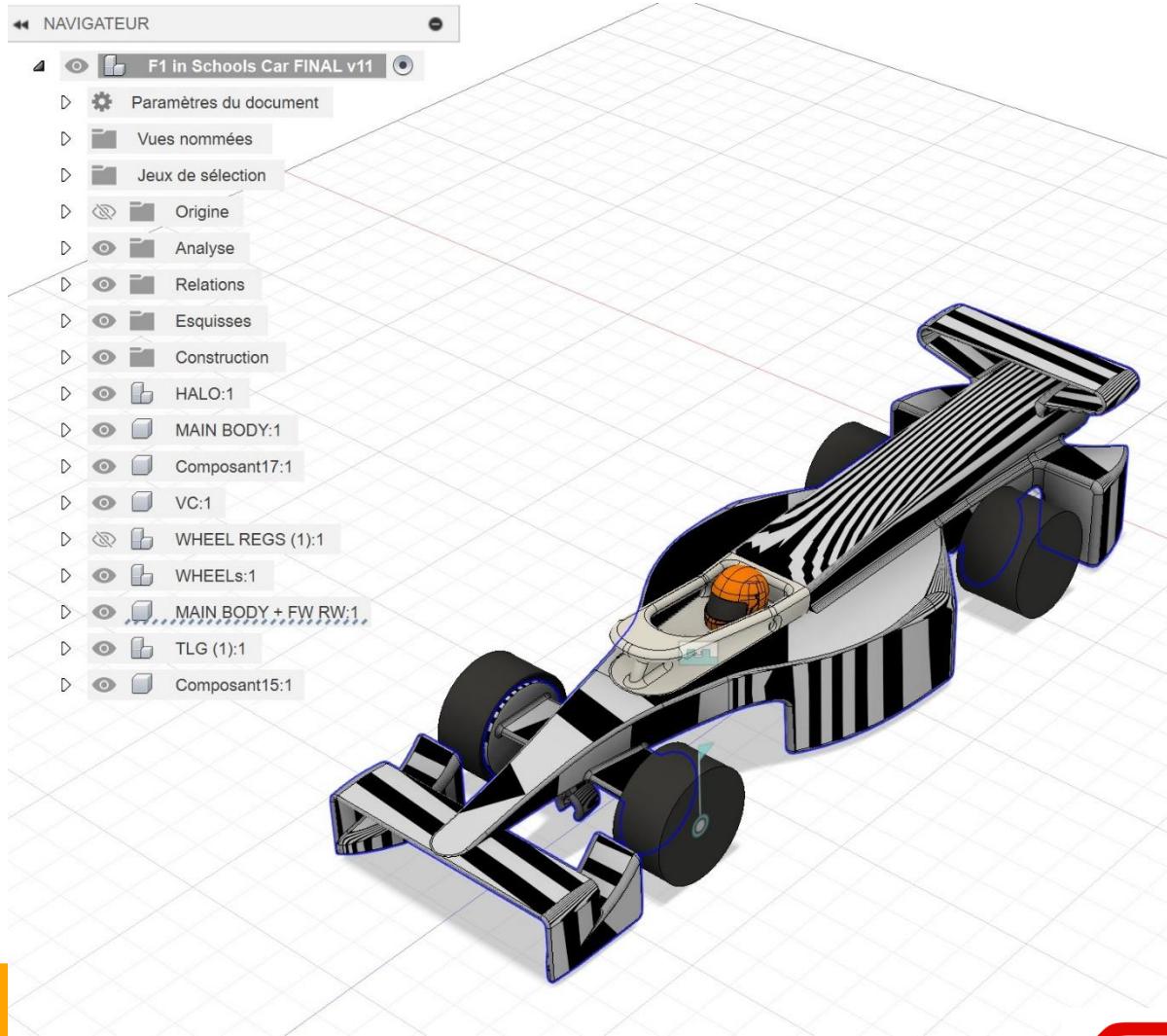


# Etapes principales



# Bandes de zébrage :

utilisée pour contrôler la surface et détecter les défauts de géométrie



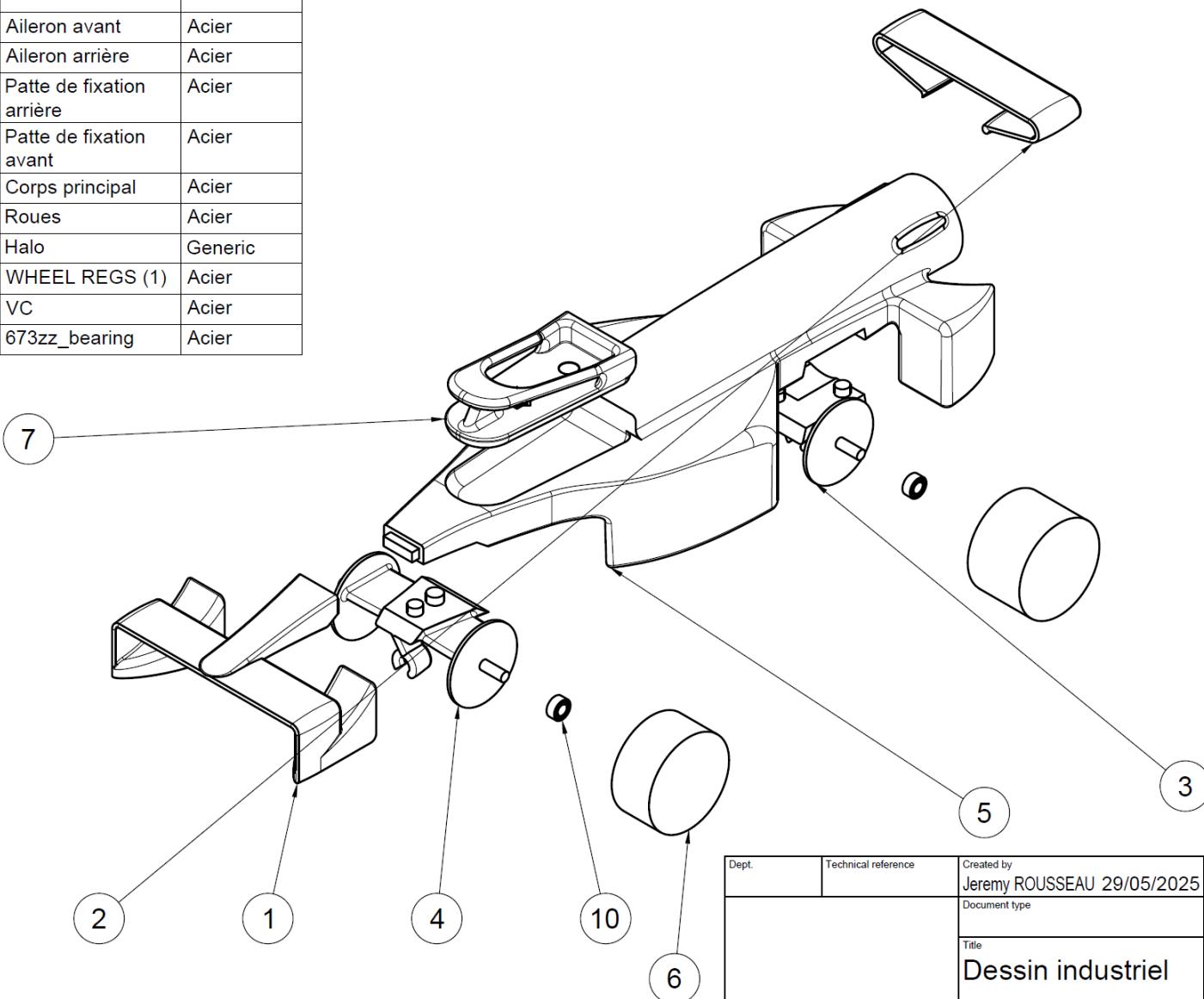
## **Vérification des paramètres du cahier des charges à partir du plan (issus de la simulation 3D)**

---

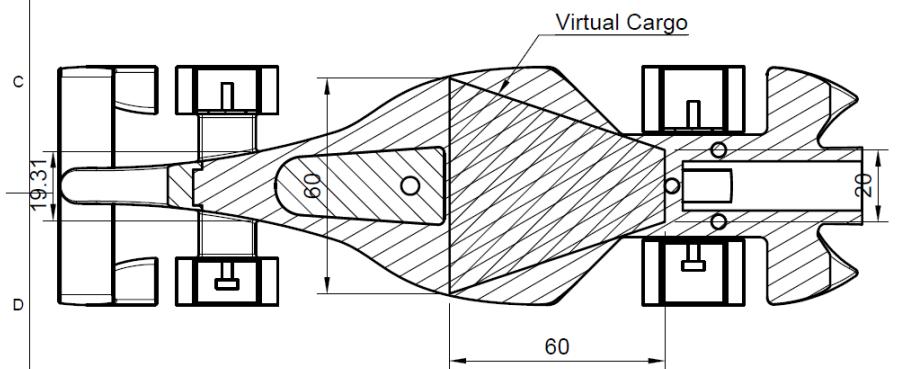
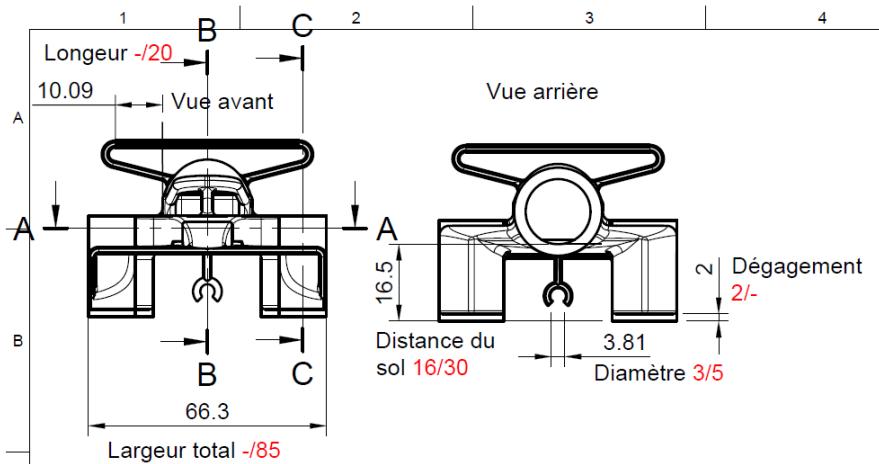
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8

### Liste de pièces

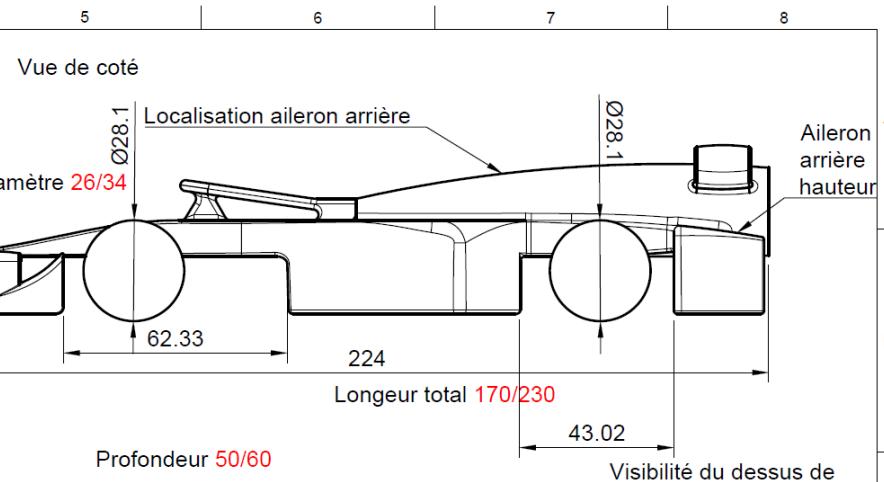
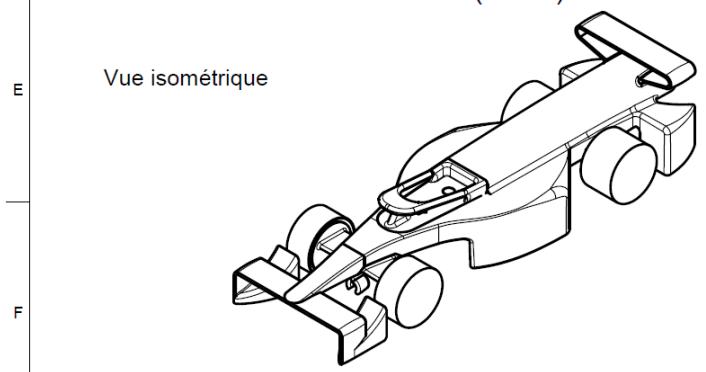
Élément	Quantité	Numéro de pièce	Matière
1	1	Aileron avant	Acier
2	1	Aileron arrière	Acier
3	1	Patte de fixation arrière	Acier
4	1	Patte de fixation avant	Acier
B			
5	1	Corps principal	Acier
6	1	Roues	Acier
7	1	Halo	Generic
8	1	WHEEL REGS (1)	Acier
9	1	VC	Acier
10	2	673zz_bearing	Acier



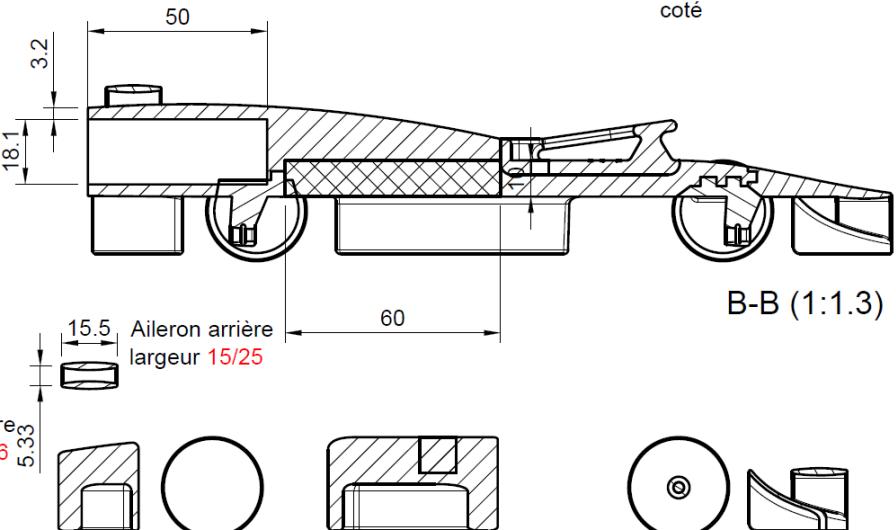
Dept.	Technical reference	Created by Jeremy ROUSSEAU 29/05/2025	Approved by
		Document type	Document status
	Title	DWG No.	
Dessin industriel		Rev.	Date of issue
			Sheet 1/3



A-A (1:1.3)



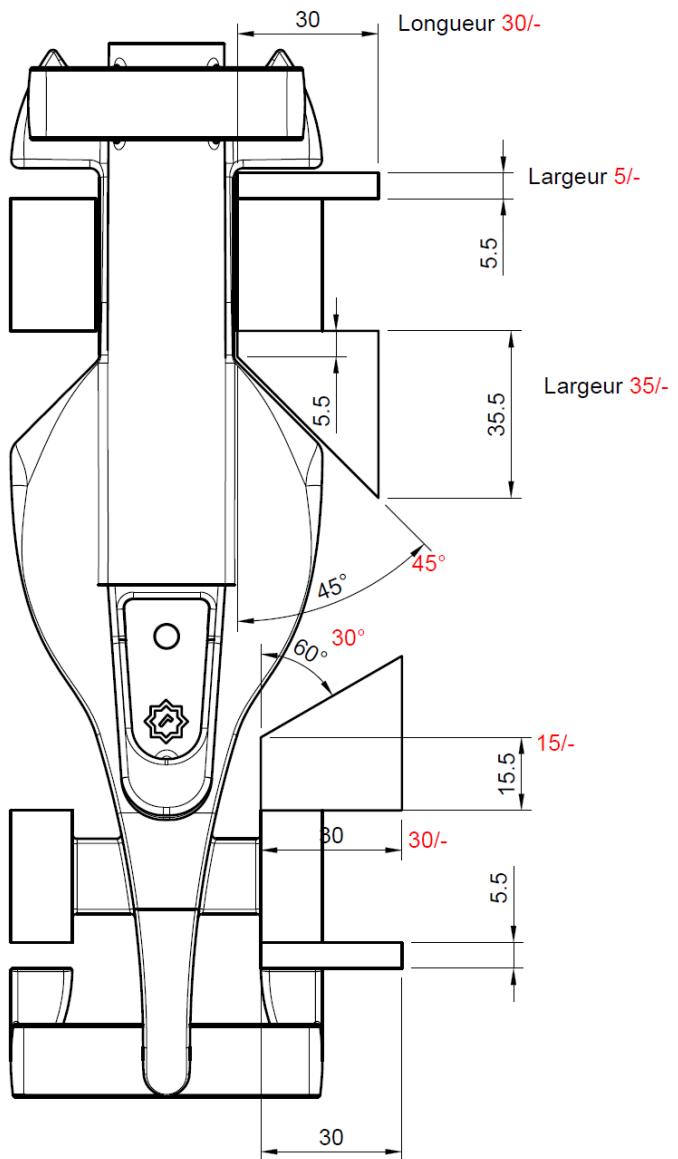
Profondeur 50/60



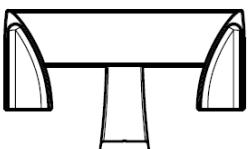
Dept.	Technical reference	Created by Jeremy ROUSSEAU 29/05/2025	Approved by
		Document type Conformité aux réglementations techniques	Document status
		Title <b>Dessin industriel F1 in school 1ère feuille</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 2/3

1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F

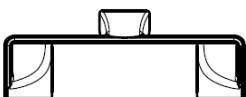


Vue de dessous



Aileron avant

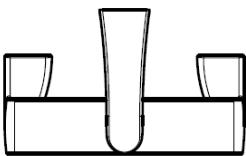
Vue de face



Vue de coté



Vue de dessus



Vue isométrique

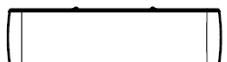
Vue de dessous



Vue de coté



Vue de dessus



Vue isométrique

Dept.	Technical reference	Created by Jeremy ROUSSEAU 29/05/2025	Approved by
		Document type Conformité aux réglementations techniques	Document status
		Title <b>Dessin industriel F1 in school</b>	DWG No.
		Rev. Date of issue	Sheet 3/3

1 2 3 4 5 6 7 8

# Régulations

	Valeurs réelles	Normes
Poids	53g	50<x
Chambre de propulsion	(en mm)	(en mm)
Diamètre int.	18,05	18,1
Diamètre ext.	21,2	21,3
Profondeur	52	50
Vue avant	(en mm)	(en mm)
Largeur Total 0-85	66,2	60
Vue arrière	(en mm)	(en mm)
Distance du sol 16-30	17	16,5
Diamètre 3-5	3,15	3,81
Vue de coté	(en mm)	(en mm)
Longeur total 170-230	220	224
Diamètre roue	28,1	28,1
Distance carter/aileron avant	65,1	62,33
Distance carter/aileron arrière	43,55	43,02
Largeur aileron arrière 15-25	15,5	15,5
Epaisseur aileron arrière 5-6	5,85	5,33

Vérification que les longueurs soient conformes à celles du plan.

La mousse permet de réduire le plus possible la masse et de se rapprocher au maximum des 50g.

## b) Simulation sur Star CCM

---

# Analyse de l'aérodynamisme

Cette étape permet de mieux comprendre le rôle de certaines parties. Pour ce faire on créer une boite qui contient la boite en négatif (air que l'on va mailler)

L'assemblage fonctionne correctement dans le logiciel, les relations entre pièces sont bien définies pour faciliter les modifications ultérieures.

Cette vérification garantit la fiabilité des calculs et évite les erreurs en simulation ou en fabrication.

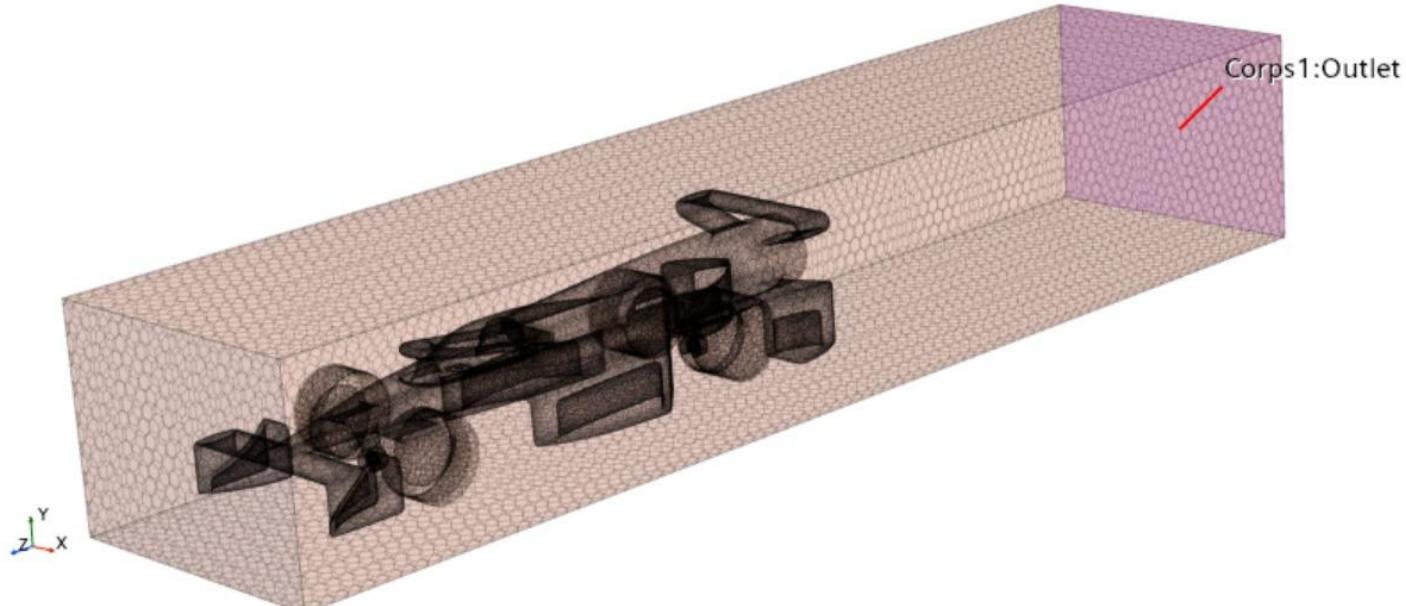
## Étapes de la simulation :

1. Création de la pièce
2. Déterminer la géométrie de la pièce (surface)
3. Etablir les limites
4. Maillage surfacique
5. Choix Conditions limites
6. Importation des différents coefficients



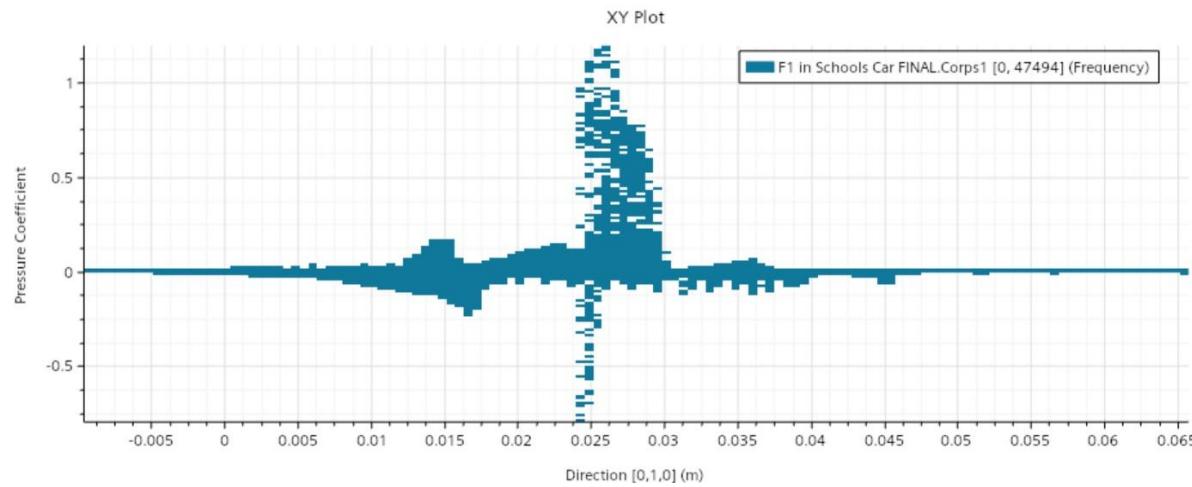
# Maillage effectué

Simcenter STAR-CCM+



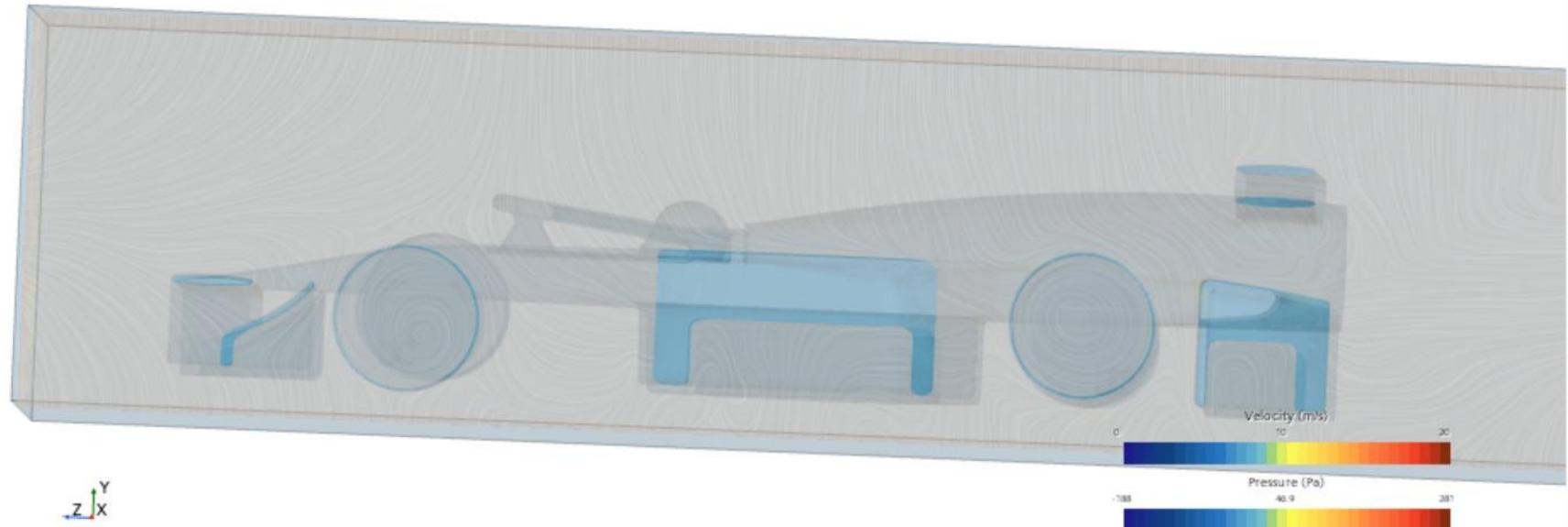
Un maillage en nid d'abeille a été réalisé pour optimiser la précision.

# Résultats de la simulation



**Résultats de la simulation** : des problèmes ont été rencontrés au niveau de l'exécution de la simulation et de la prise en compte de la voiture.

Simcenter STAR-CCM+



# Conclusion tirée de l'analyse de l'aérodynamisme

Pour minimiser la traînée de la voiture, elle doit respecter les paramètres suivants :

- petite surface frontale, donc les sections transversales doivent être aussi petites que possible
- faible coefficient de traînée
- forme aérodynamique fluide et continue
- conception profilée autour de la cartouche de gaz, un espace sous le châssis doit être prévu pour diriger l'écoulement

Nous avons par ailleurs pu comprendre que la distance entre les roues avant et les roues arrière devait être maximale, et que celle entre les roues arrière et la bonbonne de gaz minimale.

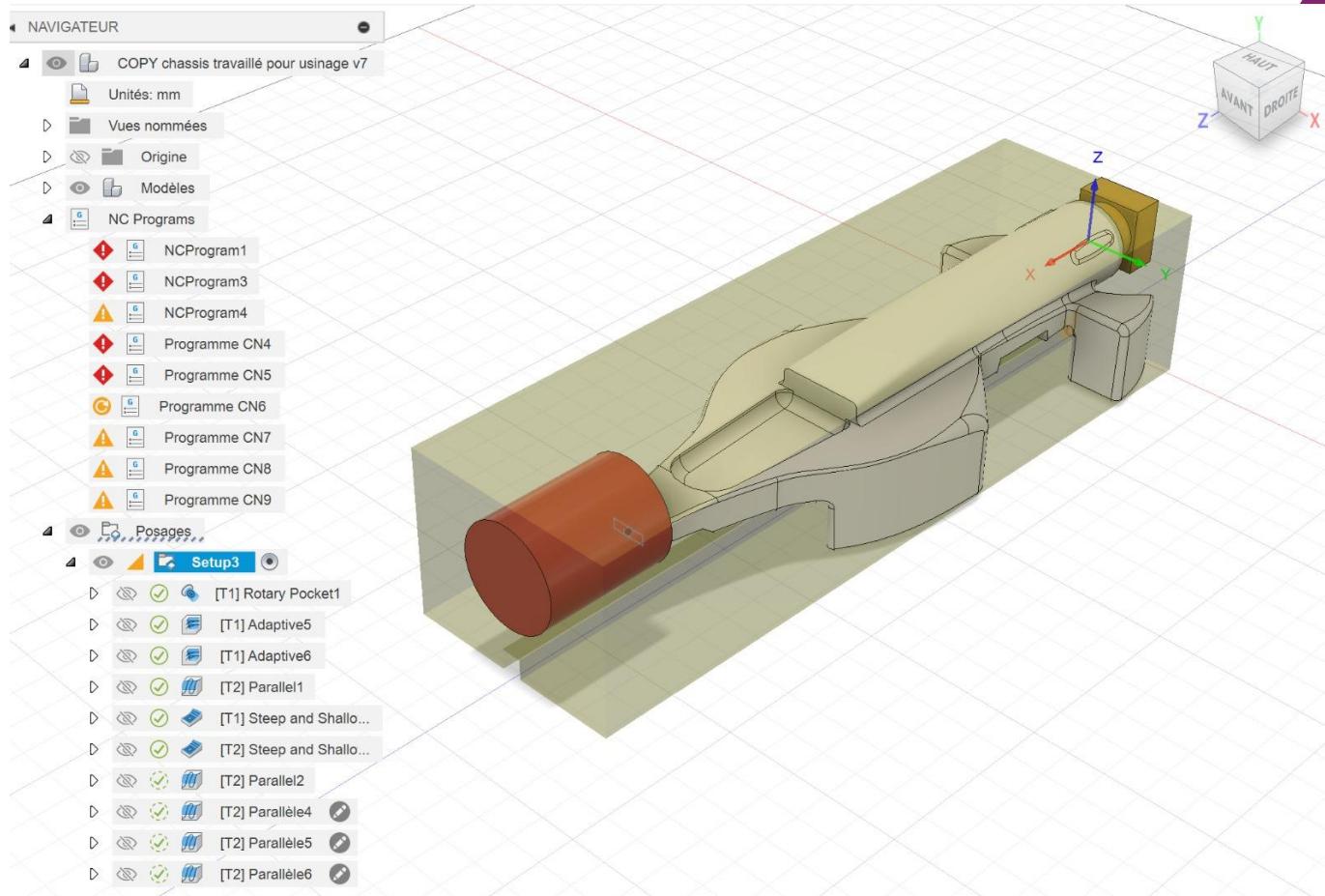
En effet, l'analyse a révélé que l'arrière de la voiture avait tendance à se soulever pendant la poussée initiale, ce qui réduisait la performance. Cela vient du couple généré par la poussée du gaz, qui crée une rotation vers le haut.

Pour remédier à cela nous avons constaté qu'il fallait minimiser la distance verticale entre la ligne de poussée et l'axe arrière, réduire la masse de la voiture, avancer le point d'impact du gaz pour mieux aligner la poussée avec le centre de masse, et relever la sortie de gaz pour abaisser l'effet de levier. L'amélioration de ces paramètres permet un meilleur départ de la voiture.

c) FAO

---

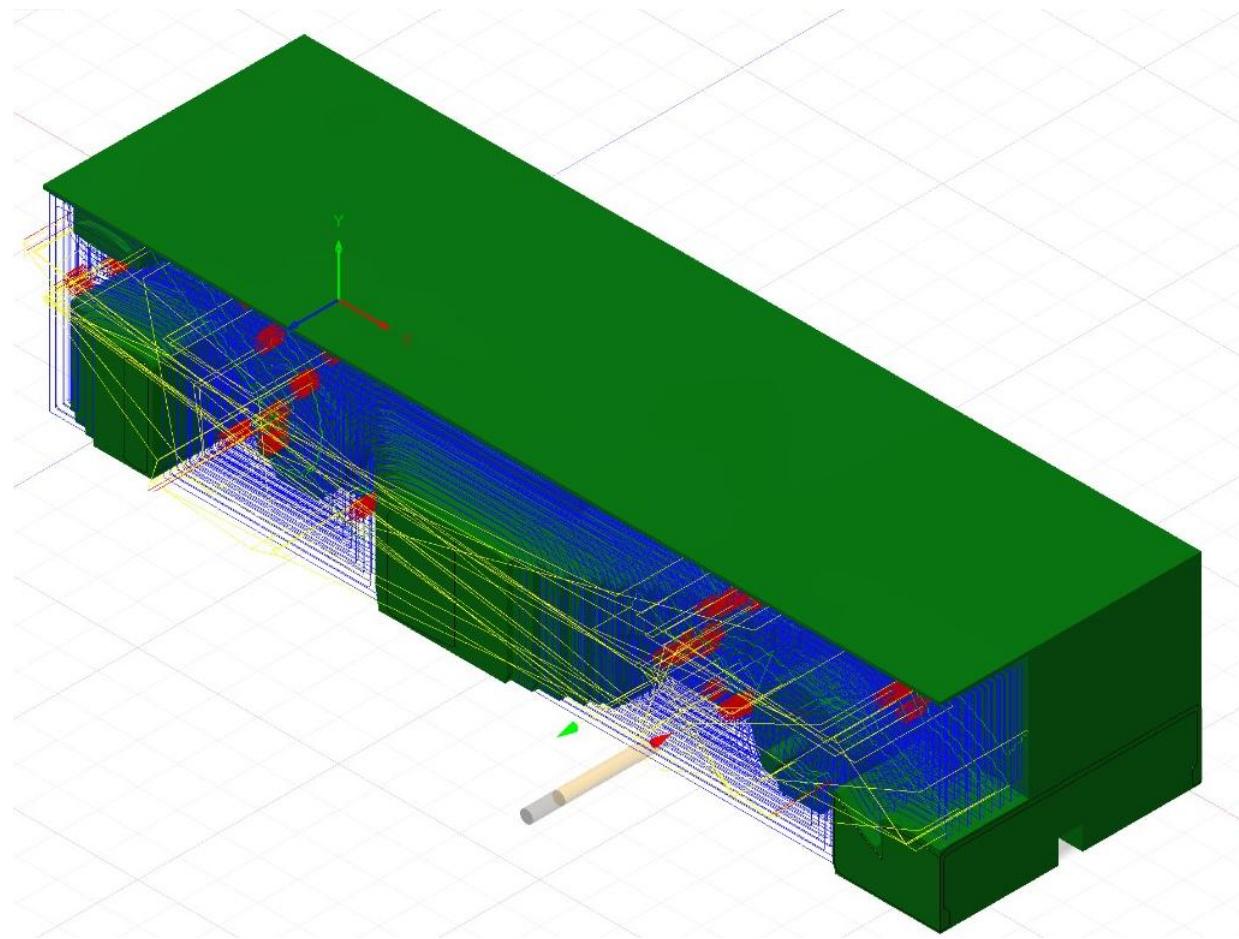
# FAO sur Fusion 360



Le châssis a été adapté pour l'usinage : retirer les systèmes des roues, l'aile avant et arrière.

En jaune : prise pour les mords  
En rouge : dernière partie à usiner  
En vert : brut d'usinage

# Prévision de la trajectoire de la fraise en vue de l'usinage de la voiture



Simulation : ébauche

# 4. Phase de test

---

# Phase de test



# Résultat des tests

Tests	1	2	3	4
Temps (s)	1.130	1.208	1.296	1.17
Tension du fils	tendu	tendu	fortement tendu	détendu

## Analyse :

Lorsque le fil de guidage est fortement tendu, toute déviation de la voiture par rapport à sa trajectoire initiale génère une force de rappel brutale vers l'axe central. Cependant, à cause de l'inertie, la voiture ne se stabilise pas immédiatement et oscille d'un côté à l'autre. Ce mouvement cyclique peut rapidement s'amplifier, jusqu'à provoquer des chocs contre les parois de la piste, et entraîne des endommagements du véhicule.

Il aurait été pertinent d'analyser séparément les performances sur les 10 premiers mètres et les 10 derniers mètres de la course. La première phase met en jeu l'accélération, liée à la masse et à la propulsion, tandis que la seconde fait principalement intervenir les effets de l'aérodynamisme. Une telle distinction aurait permis de mieux comprendre l'influence de chaque paramètre sur la performance globale du véhicule.

## 5. Conclusion

---

## Conclusion

Malgré un départ compliqué, nous sommes finalement parvenus à un résultat satisfaisant, la voiture fonctionne. Nous aurions souhaité faire différents essais en faisant varier les formes d'aileron (avant et arrière), le centre de masse et la position des roues.



Notre voiture sur la ligne de départ !!

# Problème et solution

Problèmes rencontrés	Pistes pour améliorations
Le mord doux ne peut pas être usiné : il aurait fallu le prendre en compte pendant la FAO, on a du limer les surfaces restantes à la main .	Modifier la CAO du châssis pour usinage et prévoir les mords doux (Notre code faisait passer l'outil par le mord doux ce qui le détruisait) . Prévoir les écarts entre la théorie et la pratique.
Lors de l'assemblage, les pièces ont été décalés entraînant un déséquilibre de la voiture. Il a fallu rectifier cela à la main.	Créer une matrice de la pièce en négative afin de caler les composants et d'empêcher qu'ils ne bougent au moment de l'assemblage.
Certains logiciels sont durs à exploiter lorsqu'on les découvre pour la première fois, agrandissant la charge de travail.	Avant d'entamer en autonomie le PJT, des séances de découvertes des logiciels pourraient être organisées.
Précision des impressions 3d n'est qu'au 10ème de millimètres	Il faut lancer plusieurs fois une impression et examiner les différentes impressions pour choisir la meilleure
Usinage de la Tacamid : des micro-soudures plastiques sur l'outil et la pièce	Ralentir encore plus la machine, et diminuer profondeur de passe et longueur d'usinage

# 6. RETEX

---



# RETEX Global

## Points positifs :

Ce projet nous a permis d'explorer en profondeur la démarche d'ingénierie, de la conception à la réalisation. L'un des principaux apports a été de comprendre l'importance de la pluridisciplinarité dans un projet technique, la réussite repose essentiellement sur l'organisation, la communication, et la complémentarité des compétences au sein de l'équipe.

Nous avons pu nous confronter à des notions complexes et nouvelles, comme la CAO avec Fusion 360, la FAO, ou encore la simulation aérodynamique avec STAR-CCM+. Travailler sur un prototype concret, destiné à concourir, nous a obligés à affiner notre exigence sur des points comme la performance, l'optimisation, le respect des normes ou encore la qualité de fabrication.

Pour beaucoup d'entre nous, ce projet a été l'occasion de faire des erreurs formatrices, et de mieux comprendre l'importance de l'expérimentation, du test, de l'échec et de la remise en question. Rien ne fonctionne parfaitement du premier coup, et c'est précisément dans ce processus itératif que se forme notre regard critique d'ingénieur.

Le projet nous a aussi permis de gagner en autonomie, en organisation et en travail d'équipe, même si cela n'a pas toujours été simple à gérer avec des emplois du temps différents et une charge de travail importante. Nous sommes finalement parvenus à un partage des tâches prenant en compte les compétences de chacun.

# RETEX Global

## Points améliorables :

Malgré ces réussites, plusieurs éléments auraient pu être améliorés. Le manque de cadrage s'est souvent fait ressentir, notamment dans les étapes techniques comme les simulations, ou dans la planification globale. Un suivi plus régulier d'un professeur référent, ou de plusieurs encadrants spécialisés (CAO, simulation, fabrication), aurait permis de débloquer certaines situations plus rapidement et de mieux structurer notre travail.

Le temps dédié au projet était insuffisant au regard de sa complexité. Cela nous a obligés à faire des choix parfois contraints, voire à renoncer à certaines explorations techniques ou expérimentales. Le budget limité a également restreint les possibilités de prototypage ou de tests physiques.

Enfin, nous aurions pu être plus rigoureux dans notre prise de notes, notre suivi des décisions et la traçabilité de notre démarche. Ces éléments auraient facilité le retour en arrière, le partage entre les membres, et la rédaction des livrables finaux. La communication interne, bien qu'efficace dans l'ensemble, aurait pu être améliorée, notamment lors des moments charnières où plusieurs décisions devaient être prises rapidement.

# Blandine

## Points positifs :

Ce projet m'a permis de comprendre plusieurs choses :

l'importance de la pluridisciplinarité : un bon projet ne se limite pas à une bonne idée, il repose sur une équipe soudée, une communication efficace et une vision partagée.

L'importance de l'expérimentation et de l'analyse critique : tester, échouer, corriger et apprendre est le cœur du processus d'ingénierie, tout ne fonctionne pas du premier coup et c'est normal.

J'ai maintenant une meilleure compréhension des enjeux de performance, d'optimisation et de la rigueur exigée par des projets comme celui-ci, qui, de prime abord, ne semblent pas comprendre autant de paramètres.

## Points améliorables :

Le projet est en autonomie et le suivi d'un professeur référent se fait parfois sentir, il est difficile de cadrer ce que nous avons à faire et de savoir à qui s'adresser. De notre côté, nous aurions pu adopter une approche plus rigoureuse, notamment en tenant une trace plus systématique de nos choix, tests et apprentissages. Cela nous aurait aidés à mieux structurer notre démarche et à valoriser davantage notre travail dans le rendu final.

# Camille

## Points positifs :

Ce projet m'a permis de me confronter à une démarche d'ingénierie complète, en partant d'un besoin jusqu'à la fabrication d'un prototype optimisé. J'ai particulièrement apprécié le travail entre simulation et expérimentation. J'ai aussi mieux saisi la complexité des phénomènes aérodynamiques, même à petite échelle. Le projet m'a poussé à être plus rigoureux et à travailler en équipe.

## Points améliorables :

Le projet manque parfois de cadre, en effet, notamment dans la gestion du temps ou dans les phases plus techniques comme les simulations Star CCM. Un accompagnement un peu plus cadré sur certaines étapes-clés aurait sans doute permis de gagner en efficacité et en profondeur d'analyse.

# Jasmine

## Points positifs :

Ce projet est intéressant car il est pluridisciplinaire, et demande de maîtriser plusieurs domaines. En se répartissant les tâches, chacun à acquis un savoir qu'ensuite nous partageons ensemble. Ce sujet n'est pas atypique, donc il existe des ressources exploitables sur internet sur lesquelles nous appuyer. Ce projet nous a mené à plusieurs échecs, ses échecs nous donnent un œil plus critique et sensible aux défauts.

## Points améliorables :

Prendre plus de notes au fur et à mesure que nous avançons, afin d'avoir une trace écrite continue de notre travail. Etre plus encadrer sur les différentes démarches, avoir un professeur référent pour chaque domaine (CAO, Simulation, Etude aérodynamique).

# Colin

## Points positifs :

Ce projet m'a permis de travailler sur un sujet qui me passionne, la Formule 1. Tout au long de ce projet, j'ai appris et ai pu mettre en œuvre les méthodes apprises dans d'autre cours et d'autre projets une organisation et une répartition du travail dans le temps entre les membres de l'équipe. Nous avons su identifier les points forts de chacun et leur associer les tâches pour lesquelles ils avaient le plus de compétences, tout en gardant une part d'apprentissage. Pour ma part, j'ai participé à la gestion de l'équipe et à l'analyse aérodynamique du modèle CAO réalisé par d'autre membres de l'équipe. Bien qu'ayant déjà utilisé le logiciel de modélisation et réparti des tâches, ces actions étaient d'une autre ampleur au sein de ce projet, notamment de par le caractère 3D de la modélisation et le fait que les tâches n'étaient pas seulement à organiser mais également à définir et quantifier.

## Points améliorables :

L'organisation n'a pas été parfaitement respectée, ce qui a conduit à des retards tout au long de l'avancement du projet. Un certain nombre de tâches ne pouvant pas se faire en parallèle, il arrivait régulièrement qu'une partie de l'équipe se retrouve à attendre que l'autre partie ai fini pour avancer.

# Jeremy

## Points positifs :

Ce projet m'a permis de découvrir des outils et méthodes que je n'avais jamais utilisés auparavant, notamment en CAO sur Fusion 360 et en FAO. J'ai compris l'importance de maîtriser toute la chaîne numérique, de la conception à la fabrication. Un facteur qui fut pour moi motivant a été d'accompagner un projet de sa simulation à sa réalisation finale et d'en voir son utilisation réelle.

Il m'a également permis de constater à quel point un projet devient formateur dès lors qu'il mêle plusieurs domaines : conception, technique, gestion du temps, contraintes réglementaires... Le fait de travailler sur un sujet concret et stimulant, comme la mini-F1, a donné du sens et une utilisation à nos apprentissages, ce que j'ai apprécié.

## Points améliorables :

Le cadre du projet gagnerait à être renforcé. Le manque d'heures dédiées, de cours spécifiques et d'encadrement régulier a parfois rendu le travail difficile, en particulier lorsqu'il fallait surmonter des blocages techniques. Il nous a aussi manqué un budget suffisant pour explorer toutes les pistes de conception ou de fabrication.

# Gabrielle

## Points positifs :

Ce projet m'a permis de découvrir plusieurs choses. J'ai appris à utiliser le logiciel Fusion 360, que je ne connaissais pas du tout au début, et après plusieurs essais et erreurs, j'ai réussi à modéliser une voiture complète en respectant les contraintes imposées. Ça m'a aussi permis de gagner en expérience en travail d'équipe, ce qui m'a appris à mieux m'organiser avec les autres, même quand ce n'était pas simple à cause de nos emplois du temps différents. Malgré ça, on a réussi à bien se répartir les tâches selon les points forts de chacun, ce qui nous a fait gagner du temps et évité des conflits.

## Points améliorables :

La communication dans l'équipe n'a pas toujours été simple, car on ne se voyait pas souvent à cause des emplois du temps différents. Et on a perdu du temps à récupérer les fichiers de l'équipe précédente ce qui a retardé le commencement du projet. Malgré tout, c'était une très bonne expérience, autant sur le plan technique que sur le travail en équipe.

