

DOSSIER DE SOUTENANCE

Thème :
Mini F1



Thème réalisé en équipe avec:

- Pradel Julien
- Peyrou Cyril
- Duvignacq Maxime



Lycée Pré de Cordy
4, Avenue Joséphine BAKER
24 200 SARLAT

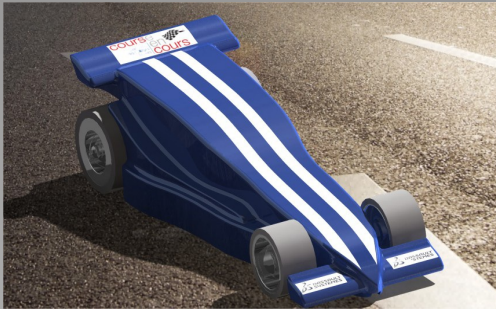
Sommaire

Page de garde	Page 1
Sommaire	Page 2
Présentation générale du projet ,diagramme et cahier des charges	Page 3
Analyse de l'existant	Page 4
La solution finale et CES	Page 5
Conception , catia , aileron	Page 6
Test de soufflerie	Page 7
Test de soufflerie	Page 8
Procédé d'usinage	Page 9
Vue éclatée , réception de la voiture et phase d'usinage	Page 10
Peinture et revêtement , l'évolution et CES	Page 11
Planification conformité du cahier des charges et la conclusion	Page 12

Présentation générale du projet

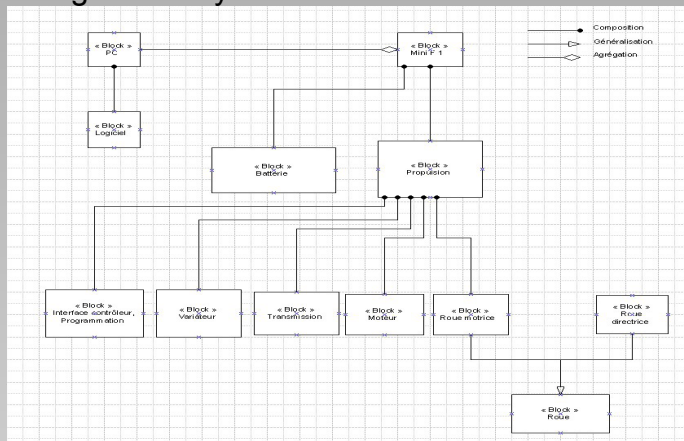
But du projet:

Re-concevoir la mini F1 du challenge course en cour de l'année précédente car celle-ci manquait d'originalité dans la conception (design, forme) et une démarche d'eco-conception inexistante Dans ce projet j'ai travaillé principalement sur l'analyse du corps et le développement des ailerons



Année 2012

Diagramme sysml



Corps

Caractéristiques	Minimum	Maximum
Longueur totale du corps de la voiture	X	300
Garde au sol (distance piste / carrosserie)	1	5
Largeur totale de la voiture	X	120
Masse de la voiture, avec système de motorisation	700g	950g
Hauteur de la voiture	X	100

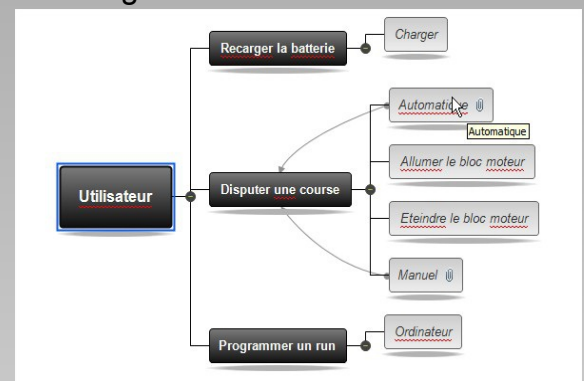
Système de sécurité

Caractéristiques	Minimum	Maximum
La zone de guidage du fil par l'attache avant est inscrite dans un cercle de diamètre	2	8
Le passage de fil doit être libre sous le fond de la voiture et situé dans le plan vertical de symétrie	X	X
L'attache avant doit être soigneusement fermée afin d'empêcher le câble de sortir.	X	X
Garde au sol des systèmes d'attache	1	X



Année 2013

Diagramme des cas d'utilisation



Roues

Caractéristiques	Minimum	Maximum
Diamètre des roues avant*	20	-
Largeur des roues avant (largeur du contact avec la piste)*	20	-
Diamètre des roues arrière*	48	50
Largeur des roues arrière (largeur du contact avec la piste)*	26.5	29

- roue composée d'une jante et d'un pneu
- les 4 roues doivent toucher la piste en même temps
- il est autorisé un jeu de 1 mm entre les roues
- les voitures ne doivent ni adhérer ni laisser de traces lors du roulage sur une feuille de papier
- roues avants et arrières visibles latéralement
- Les roues avants ne doivent pas être visibles de dessus
- Moteur :
- Modification du moteur interdite
- Toute modifications ou ouvertures des scellés, disqualifiera l'ensemble des équipes de l'établissement.
- temps de montage du moteur → -2 min

Analyse de l'existant

Inspiration

Lignes F1

Lignes GT et 24h du Mans






Pour notre voiture j'ai recherché pour mon inspiration des lignes de voitures déjà existantes et participantes ou non a des courses automobiles et qui correspondaient au maximum au cahier des charges :

La formule 1 fut vite mise de coté a coté de ces roues avant visibles de dessus

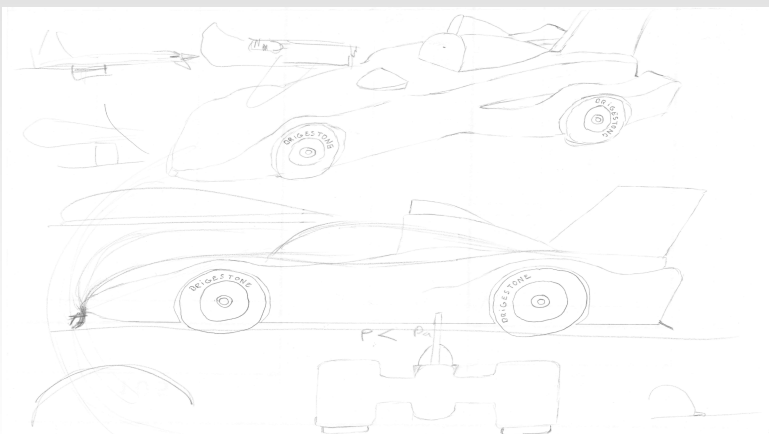
Les voitures des 24h du mans nous ont donc grandement intéressés en vues de notre cahier des charges et de leurs performances sur les circuits

Il en est de même pour les voitures hypers sportives du style (ferrari bugatti)

Type	Avantages	Inconvénient
	✓ légère ✓ Poids vers l'arrière	✓ Les roues avant sont visible du dessus ✓ Fragile
	✓ Bon aérodynamisme ✓ Poids	✓ Les roues avant sont visible du dessus ✓ Aileron avant fragile
	✓ Bon aérodynamisme ✓ Esthétique	✓ Les roues avant sont visible du dessus
	✓ Bon aérodynamisme ✓ Esthétique	✓ Les roues avant sont visible du dessus
		✓ Les roues avant sont visible du dessus ✓ Pneumatique ✓ Esthétique
Prototype Mini F1 à réaliser	✓ Écologique ✓ Esthétisme	

Quelques voitures prises au hasard issues des challenges précédents CeC et sur lesquelles j'ai porté une analyse sur leurs avantages et leurs défauts

Recherche principe de solution



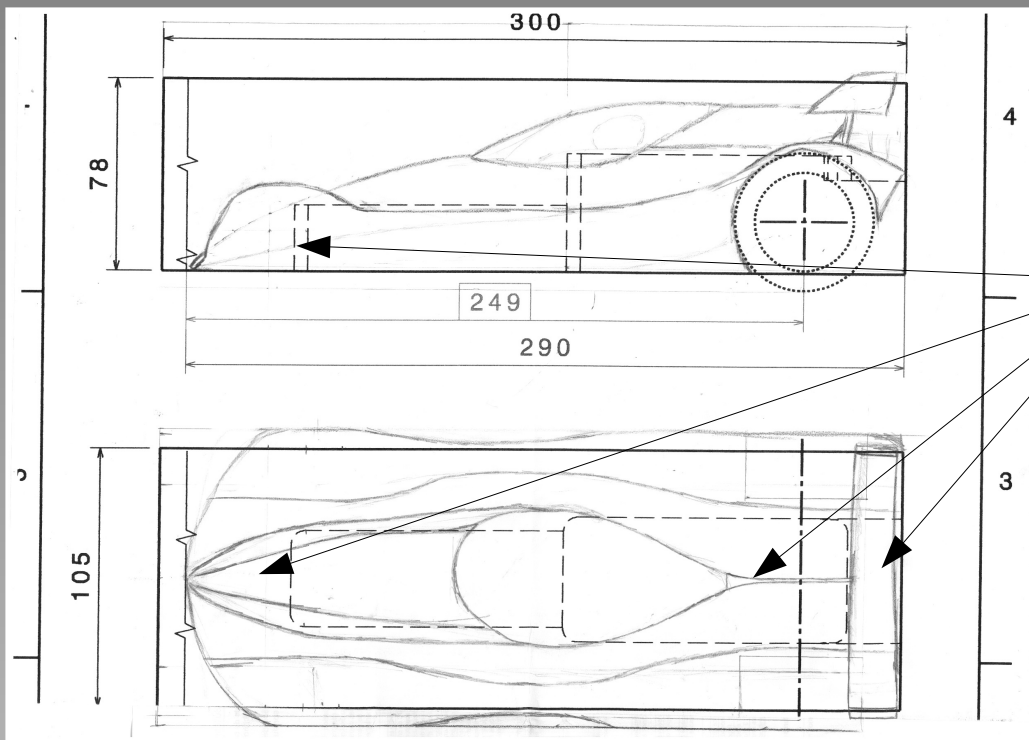
Avantages :

- Un avant de dragster
- Bonne répartition du poids

Inconvénients :

- Difficilement réalisable (passages de roues)

La solution finale



Cette voiture reprend les quatre esquisses qu'avaient dessiné l'équipe

Formes des voitures des 24 h du mans

Avantages supposés :

- Bonne pénétration dans l'air.
- Bon écoulement de l'air
- Bon appuis au sol.

Corps

CES

matériaux	densité	Prix	Module de Young (résistance mécanique)	Coûts du corps
Balsa (bois)	88 à 109 kg/m ³	6 euros/kg	0,06 GPa	0,37
Pin Sylvestre	480 à 580 kg/m ³	0,75 euros/kg	12,5 GPa	0,24
liège	120 à 180 kg/m ³	6 euros/kg	0,02 GPa	0,6
Alliage d'aluminium	2670 à 2730 kg/m ³	1,90 euros/kg	69 GPa	3,21
Fibre de carbone	1800 à 1840 kg/m ³	35 euros/kg	380 GPa	27,5
Fibre de verre	2500 kg/m ³	20 euros/kg	91 GPa	21,9

Différents types de matériaux ont été recherchés pour pouvoir sélectionner le meilleur et le plus approprié à notre projet suivant un panachage de matériaux présélectionné grâce au logiciel CES

Nous les avons par la suite classés dans un tableau

Aileron

matériaux	densité	Prix	Module de Young (résistance mécanique)	Coûts de l'aileron
ABS	1070 kg/m ³	3,6 euros/kg	2,4 GPa	0,06
PMP	800 à 840 kg/m ³	9 euros/kg	1,1 à 1,9 GPa	0,11
PP	1100 kg/m ³	2,8 euros	6 GPa	0,04
PVC	1400 à 1500 kg/m ³	2 euros	5,5 GPa	0,04

Nous avons utilisé du Balsa pour le corps de notre mini F1. En effet les propriétés de ce matériau naturel s'adaptent particulièrement bien à notre projet : c'est un bois léger et facile à usiner. Cependant bien qu'issus du Ochroma pyramidale (arbre), son acheminement d'Amérique du Sud ou d'Amérique Centrale jusqu'en Europe engendre l'émission de gaz à effet de serre ce qui est néfaste pour l'environnement.

Casque

<u>Polyurethane</u> (0,6)	600 kg/m ³	9 Euros/kg	0,4 GPa	0,01
<u>Medium</u>	850 kg/m ³	0,3 Euros/kg	4 GPa	N/a

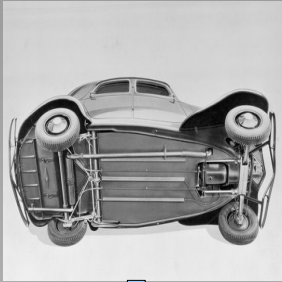
Pour l'aileron nous avons retenu et utilisé de l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène) même si d'autres plastiques ayant quasiment les mêmes propriétés que celui-ci conviennent. Mais l'ABS s'adapte parfaitement à nos usages et nous en avons à disposition dans notre lycée soit en impression 3D soit en granulés pour moulage rapide par injection plastique. Ce procédé ne sera pas retenu en raison des surcoûts liés à la réalisation du moule compte tenu d'une série faible (2 exemplaires)

Conception

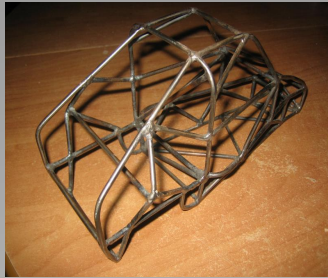
Dès le début nous avons travaillé dans un souci d'améliorer les performances (frottements, aérodynamisme, masse, ...) en vue d'être les plus compétitifs possibles face aux autres équipes .

Inspiration

Châssis monobloc



Châssis en tube



Châssis en H



Châssis en aluminium soudé

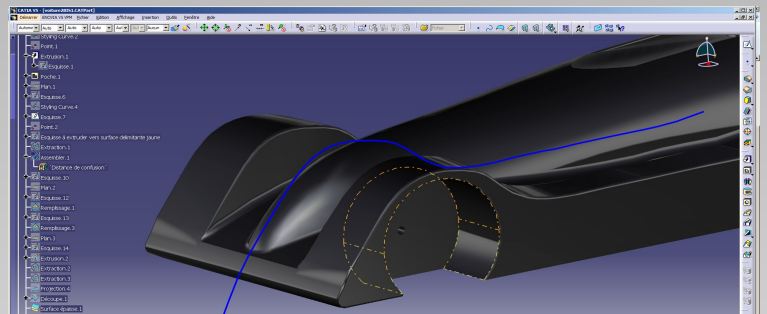
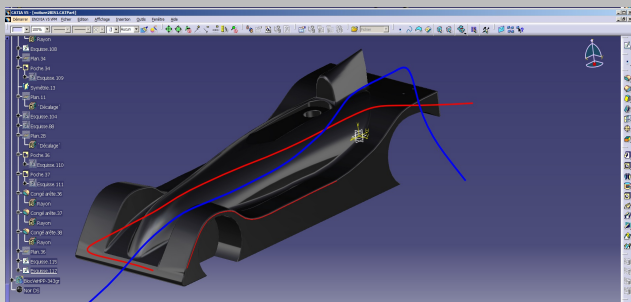


Solution retenue est un châssis monobloc

Le châssis monobloc c'est quand la carrosserie fait office de châssis

Catia

Pour créer le passage entre les deux roues et des passages de roues, j'ai utilisé l'outil courbe puis le croisement de courbes pour créer le passage entre les deux roues. Ensuite à l'aide d'extraction de surface, de plans



- Création du fuselage de la voiture à l'aide de l'outil fuselage, qui permet à partir d'un volume de le prolonger et ensuite grâce à des créations de points sur le volume, on peut modifier la forme du volume

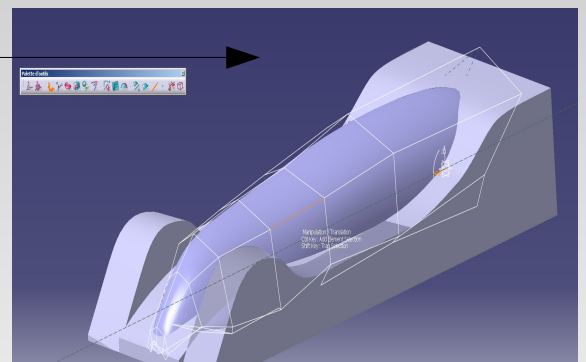
Aileron

Inspiration

Aileron F1



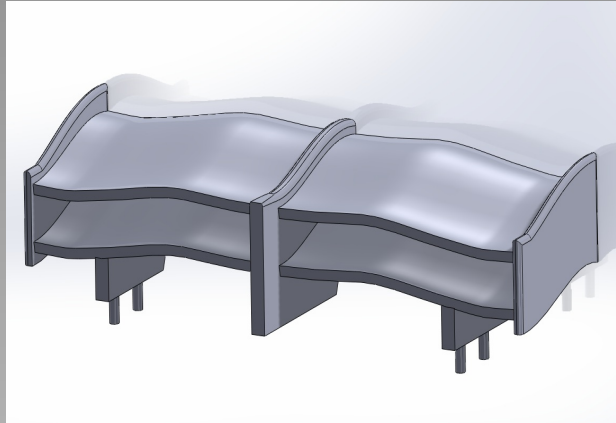
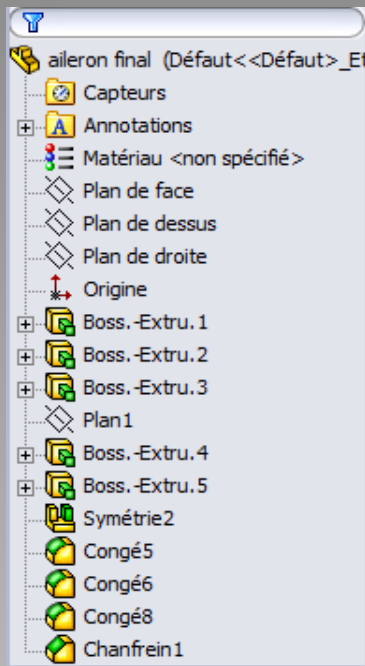
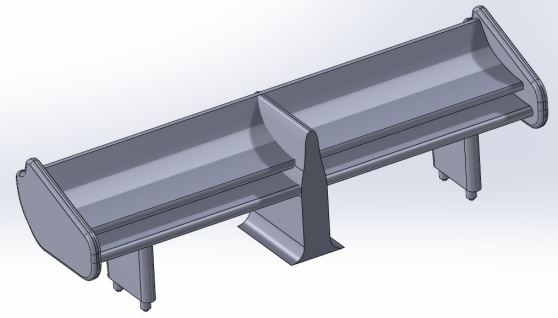
Aileron GT et 24h du Mans



Pour réaliser cet aileron nous avons fait une petite analyse de l'existant et nous nous sommes inspirés des différents types d'ailerons utilisés sur différents types de voitures de course comme ceux des 24h du Mans ou des Formules 1

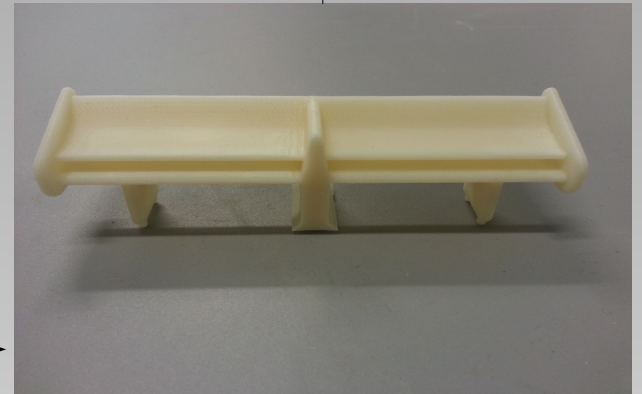
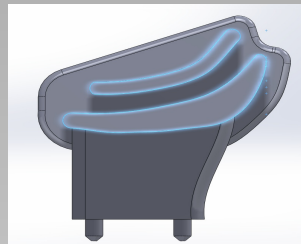
Le but d'un aileron arrière sur une voiture :

Le principe d'un aileron est le même que celui d'une aile d'avion (portance aérodynamique), mais son fonctionnement est inversé ici, car il est destiné à plaquer la voiture au sol alors qu'il sert à soulever l'avion.

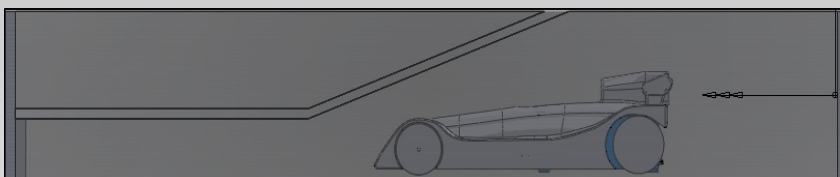


Aileron en aile de mouette
solution non retenue car c'est
un aileron qui a une efficacité
prouvée devant mais démentit
à l'arrière

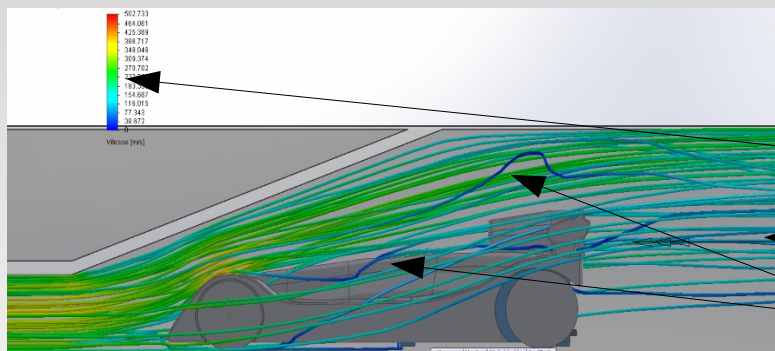
L'aileron a été réalisé en prototypage rapide par dépôt de fils d'ABS . Nous avons choisis ce procédé car c'est un procédé de fabrication que nous avons au lycée et qui correspondait bien en vue des formes qu'il y avait à réaliser ainsi que son utilisation en terme de contrainte et de résistance mécanique et thermique ...



Test de soufflerie



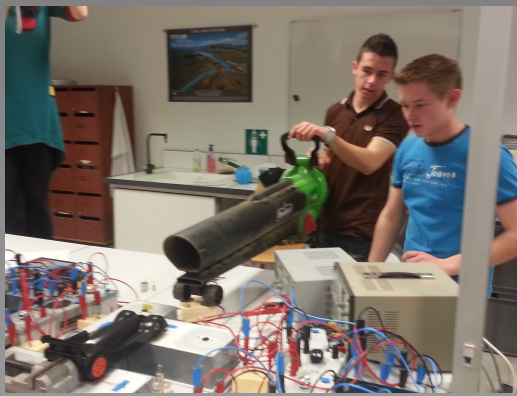
Test de soufflerie réalisé grâce à flowXpress , une fonction de solidworks qui nous permet grâce à une multitude de tubes de couleurs qui viennent sur la voiture et nous montre ainsi l'écoulement des flux sur la carrosserie de la voiture grâce à l'échelle de couleurs nous pouvons savoir aussi leur vitesses



Échelle de vitesse

Écoulements des flux laminaires

Perturbations des flux



Première expérience

Mais cette expérience n'avait pas été concluante car elle avait des valeurs trop approximatives. Les résultats ci-dessus sont ceux de la deuxième expérience.

Conclusion : grâce à la pression du vent exercé sur notre voiture nous gagnons de l'adhérence des performances et donc de la vitesse

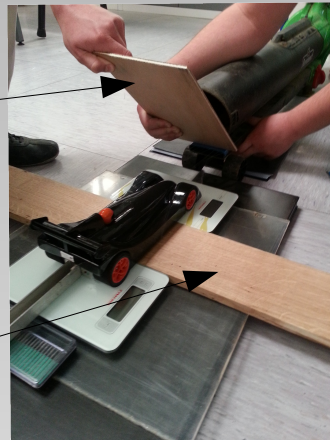
Notre meilleur temps est de 2,68 s avec une courbe moteur configurée. À l'aide des résultats des simulations et de calcul de force, du coefficient de pénétration dans l'air, de l'appui au sol, coefficient de dérapage (calculés sur la piste à Bordeaux à l'aide de dynamomètre), et le logiciel Matlab, nous avons essayé de configurer notre courbe moteur pour une optimisation maximale des performances.

Par la suite nous avons réalisé une expérience avec deux capteurs (balances) sous chaque roue, et un souffleur avec plusieurs niveaux de puissance pour faire varier la vitesse du flux (vent) pour pouvoir étudier l'appui au sol de la voiture à différentes vitesses et donc savoir si nous gagnons de l'adhérence ou non.

Ensuite nous avons accroché des petits fils blancs à l'aide de scotch sur l'aileron de la voiture et à la sortie de notre souffleur pour pouvoir voir ainsi l'écoulement et le comportement du flux (vent) sur la carrosserie de notre voiture.

Planche de bois pour écartier l'aspiration des flux du souffleur pour ne pas perturber les flux sortant du souffleur et donc fausser notre test

Planche entre les balances pour conserver une planéité sous la voiture et donc favoriser l'effet de sol



Souffleur

Scotch

Fils blancs (difficilement visibles sur la photos)

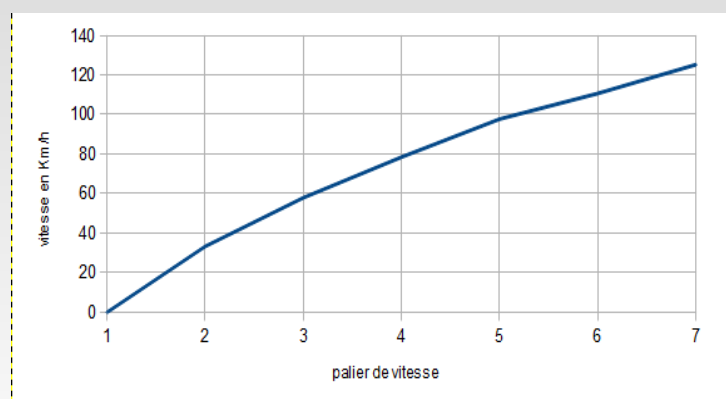
Balance



Résultats

	vitesse en Km/h	AR	AV
0	0	470	233
1	33,3	480	237
2	57,96	485	239
3	78,48	490	242
4	97,74	494	245
5	110,7	496	248
6	125,28	500	251

Courbe de vitesse du vent

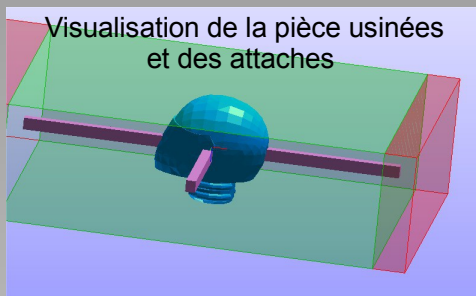


Procédés d'usinages

Fabrication soustractive : Centre d'usinage 4 axes (casque et corps)

C'est souvent une fraiseuse 3 axes broche horizontale, dotée d'un plateau tournant. C'est une configuration très pratique en production industrielle mécanique mais aussi en prototypage

- usinage 3 axes (obligation de reprise)
- usinage 4 axes (avec retouche en raison des zones d'attache)



Visualisation de la pièce usinées et des attaches

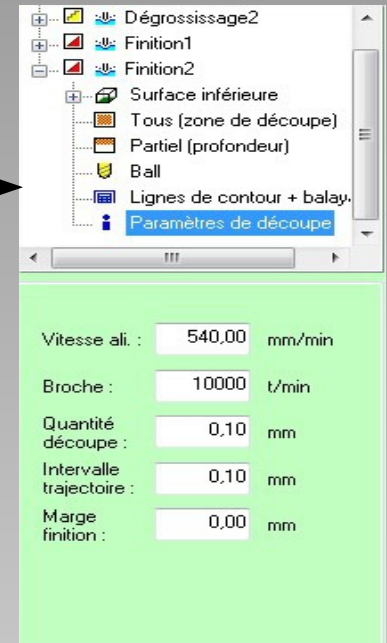


Visualisation de la pièce une fois usinées

Différentes opérations effectuées

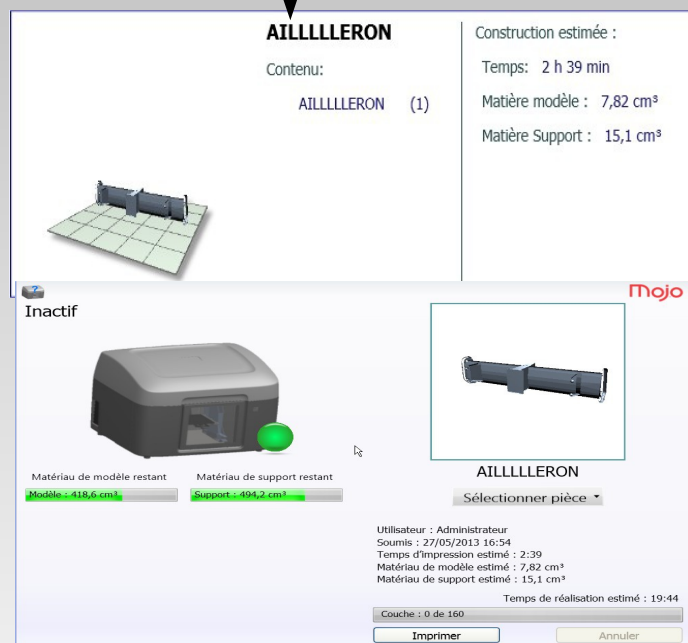
Paramètre de coupe et d'avance

Propriétés , volume de matière , temps et surface



Fabrication additive : L'impression 3D :

C'est une technique de production additive développée pour le prototypage rapide. Le principe est donc assez proche de celui d'une imprimante 2D classique : les buses utilisées, qui déposent de l'ABS en fusion. C'est l'empilement de ces couches qui crée un volume. Les applications vont de l'industrie, de bien de consommation, etc ou les études de design.



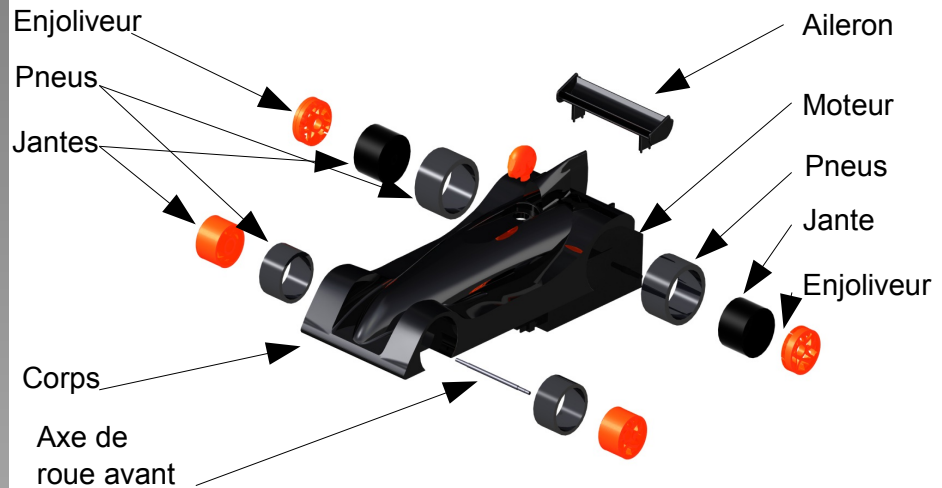
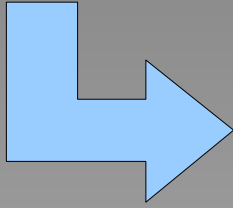
Contrôle des pièces en responsabilité:

Casque : la précision obtenue est assez élevée (0,08mm maxi de défaut sur les trois directions), Par contre les zones d'attache et de tenue de la pièce engendrent des défauts lors de leur découpe. Défauts qui seront éliminés par ponçage, revêtement de surface (apprêt) puis peinture et vernis.

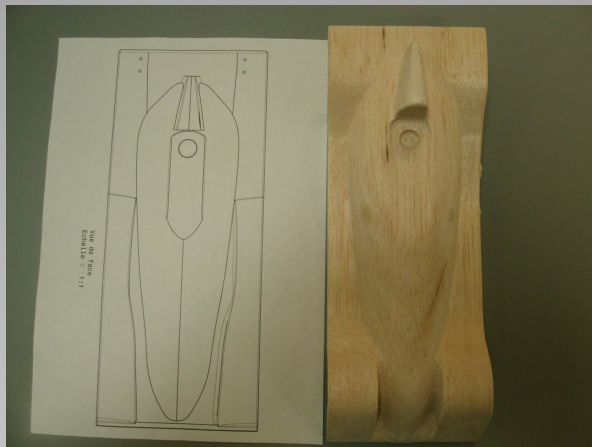
Aileron : réalisé avec un support de type « normal », la géométrie de la pièce est conforme et les variations de côtes faibles (0,1 mm au maximum sur chaque axe. Par contre selon le positionnement lors de l'usinage, certaines surfaces présentent un défaut d'état de surface de moindre qualité (Ra 12). Ce défaut a été éliminé comme pour le casque.

Vue éclatée

La vue éclatée permet de bien voir les différents éléments qui compose la voiture



Réception de la voiture



Contrôle réception de la voiture (sous traitée IUT) :

- côte au niveau du train avant mauvaise => 19 mm au lieu de 22,4 mm
- dimension de la voiture mauvaise => 114 mm au lieu de 115 mm de largeur
- perçage du passage de l'axe des roues avant non fait
- perçage des fixation de l'aileron non fait

Travaux a effectuer :

- re-dimension des passages de roue avant (AR)
- retouche sur carrosserie (certaine forme non faite lors de la sous-traitance)
- perçage de l'axe des roues avant
- perçage des trous de fixation de l'aileron arrière
- ré-ajustage du passage bloc moteur.

Phase d'usinage

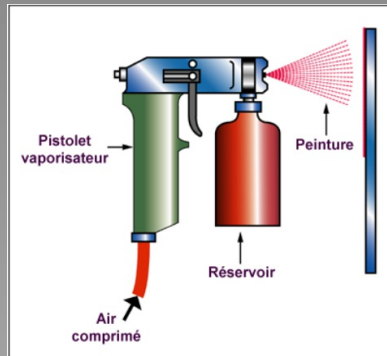


Ponçage au :

- Dremel : reprise des passage de roue et carrosserie
- Papier de verre : pour le ponçage de la carrosserie et casque avant de poser l'apprêt, puis la peinture et le vernis.
- taille du papier utilisé : 400,600,800,1000 et 1400

Peinture et revêtement

Le revêtement de la carrosserie a été réalisé avec un apprêt, une peinture et un vernis à l'eau pour une démarche d éco-conception et de respect environnemental et en ce qui concerne le choix de peinture, la peinture à l'eau répondait parfaitement à nos attentes

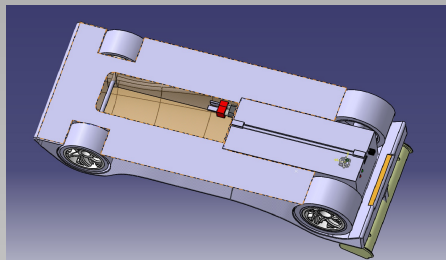


Corps de la voiture et aileron juste poncé

Le corps a été peint grâce à un aérographe, le vernis déposé avec un pistolet à peinture

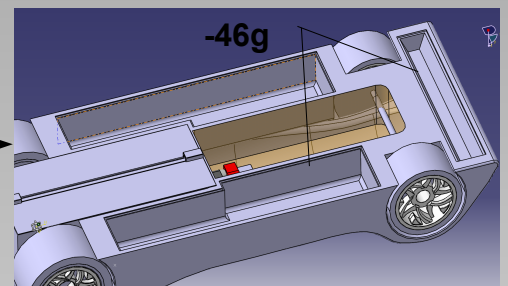
Voiture finie de peindre sans le casque

L'évolution



717g

Enlèvement de matière



668,3g

CES

Selection Project

1. Selection Data

Database: CES EduPack 2013 Level 3 Change...

Select from: MaterialUniverse: All materials

2. Selection Stages

☒ Graph ☒ Limit ☒ Tree

☒ Stage 1: Machining, Water-based painting

☒ Stage 2: Density, Price, Young's modulus, A renew

☒ Stage 3: Price (EUR/kg) vs. Density (kg/m^3)

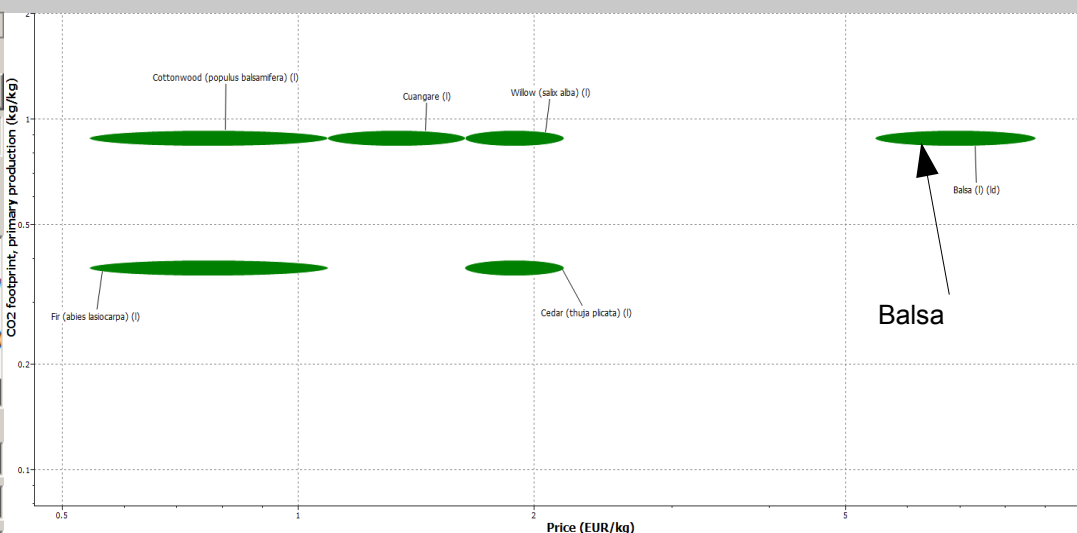
☒ Stage 4: CO2 footprint, primary production (kg/kg)

3. Results: 6 of 3905 pass

Show: Pass all Stages

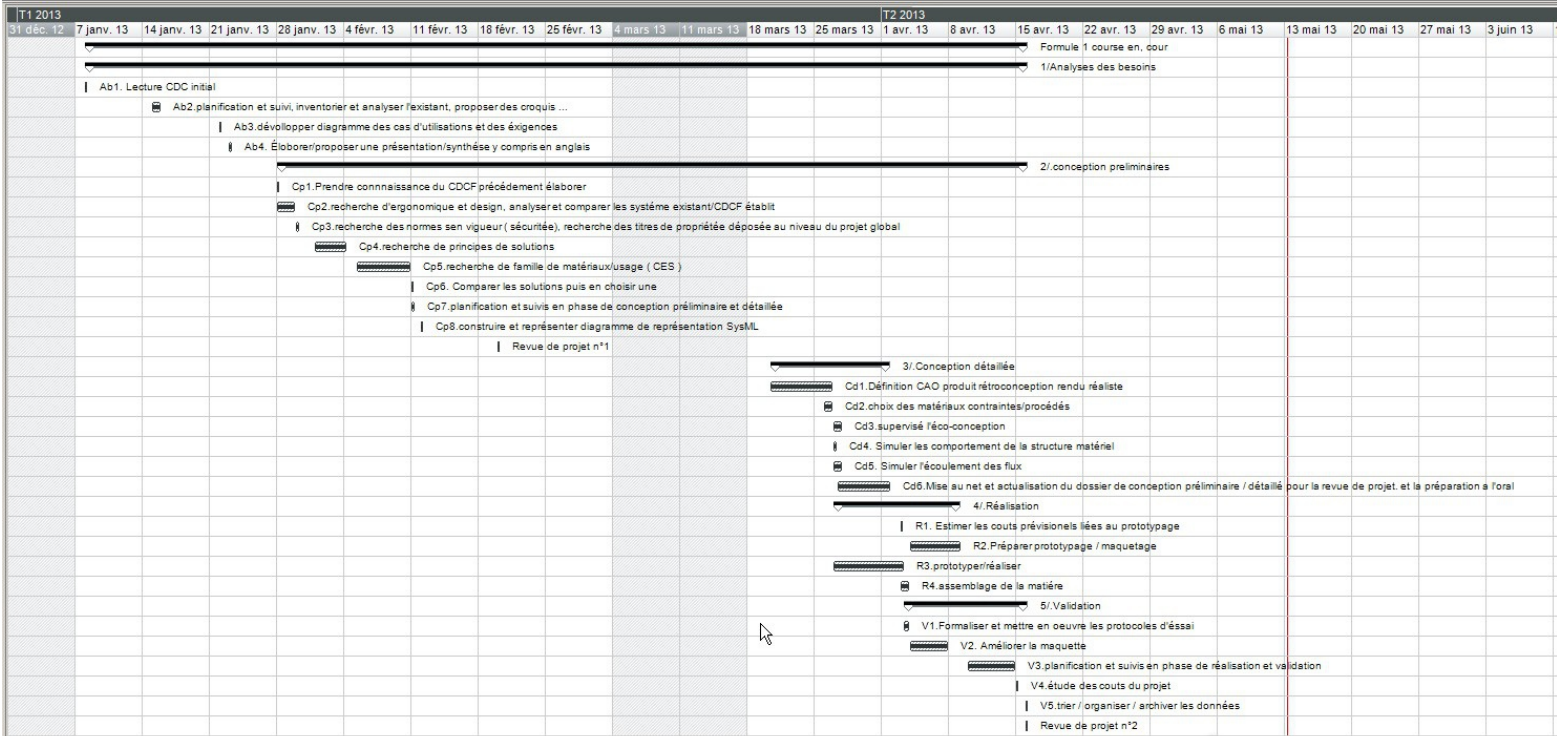
Rank by: Alphabetical

Name
Balsa (l) (Id)
Cedar (thuja plicata) (l)
Cottonwood (populus balsamifera) (l)
Cuangare (l)
Fir (abies lasiocarpa) (l)
Willow (salix alba) (l)



Le balsa n'est pas le moins impactant mais ce que l'on recherché avant tous c'est la performance et donc le poids et donc dans ce cas là nous avant pris le balsa

Planification



Conformités du cahier des charges

Corps

Caractéristiques	Minimum	Maximum	BlackBird
Longueur totale du corps de la voiture	X	300	282
Garde au sol (distance piste / carrosserie)	1	5	4
Largeur totale de la voiture	X	120	105
Masse de la voiture, avec système de motorisation	700g	950g	717g
Hauteur de la voiture	X	100	86

Roues

Caractéristiques	Minimum	Maximum	BlackBird
Diamètre des roues avant*	20	-	41,6
Largeur des roues avant (largeur du contact avec la piste)*	20	-	21,2
Diamètre des roues arrière*	48	56	48,2
Largeur des roues arrière (largeur du contact avec la piste)*	26.5	29	27,1

Système de sécurité

Caractéristiques	Minimum	Maximum	BlackBird
La zone de guidage du fil par l'attache avant est inscrite dans un cercle de diamètre	2	8	2,5
Le passage de fil doit être libre sous le fond de la voiture et situé dans le plan vertical de symétrie	X	X	✓
L'attache avant doit être soigneusement fermée afin d'empêcher le câble de sortir.	X	X	✓
Garde au sol des systèmes d'attache	1	X	2

Le système de sécurité sert à éviter grâce à un fil :

- Que la voiture sorte de la piste et aille blesser une personne se tenant au bord

- vérifier que les éléments de la voiture soient bien montés et fixés pour éviter que pendant la course des éléments se détachent de la voiture (roues, casque) et aillent blesser des personnes se tenant au bord de la piste

Conclusion

La conclusion est très simple : cela a été un projet très enrichissant et c'est une belle approche en ce qui concerne la démarche industrielle d'un objet en entreprise en plus du challenge course en cours. Le fait d'avoir été associé au choix du sujet a été motivant ensuite. De plus l'ambiance entre élèves du projet était extraordinaire. Il y a une super entente avec nos professeurs je tiens à remercier Mr Maffre, Mr Fayat ainsi que Mr Brousse pour ces deux belles années passées à leurs côtés et pour leur qualité d'enseignements.