COLLEGE DE LA DHUIS
Chemin de Crécy
77100
NANTEUIL LES MEAUX

Collège de la Dhuis

(Nanteuil les Meaux)

D'EXPORT Léo
BONNEVILLE Jérémy
MEUTER Antoine
BORDES Maxime
BOURGIN Rémi
GELLE Franck
L'école ouverte ...

Push Car

Sommaire

1/ Analyse du cahier des charges

2/ Choix du type de châssis
- A/ Tubulaire
- B/ Monocoque

3/ Croquis et prototype du push car : Recherche de forme

4/ Budget prévisionnel

5/ Recherche d'une solution technologique et réalisation
- A/ Matière
- B/ Technique
- C/ Train roulant

6/ Essais

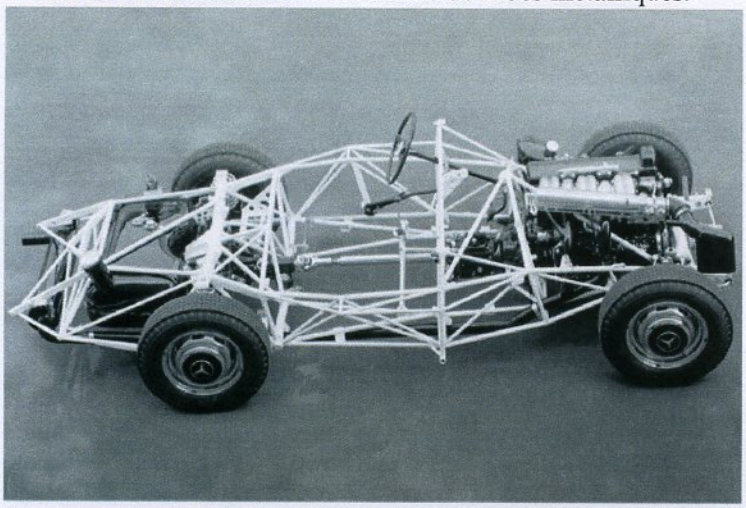
1 / Analyse du cahier des charges.

En raison de notre manque d'expérience dans la construction des push cars, il a été convenu que pour la première année, nous allions concourir dans la catégorie qui nous semble être la plus simple : Le Push Cars.

Cahier des charges : Cf document joint.

2 / Choix du type de châssis

- ***Châssis tubulaire*** *:* est formé de tubes métalliques.



- ***Châssis monocoque*** *:* Une automobile monocoque est un véhicule constitué d'un seul tenant, sans qu'il n'y ait de châssis pour en assurer la rigidité, cette dernière étant offerte par la coque elle même.

- ***Choix*** : Nous avons choisi un châssis monocoque autoporteur pour sa solidité, sa rigidité et sa légèreté. Celle-ci sera réalisée en composite sandwich de mousse polystyrène et de résine polyester PSE et de fibre de verre.

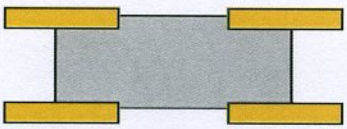
Avantage : toutes formes autorisées, facilité de réalisation par des élèves de collège.

Stabilité du Push Car

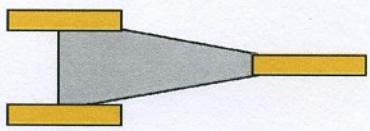
La surface d'appui :

La surface d'appui est la surface au sol délimitée par les roues du Push Car

4 roues



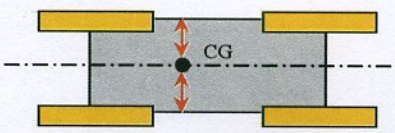
3 roues

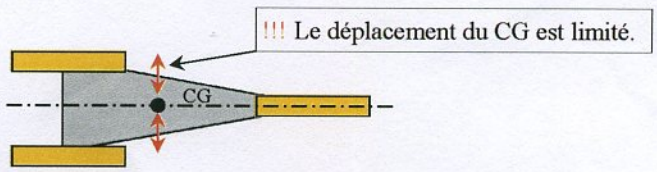


On constate sur le schéma ci-dessus que pour un encombrement identique du véhicule, la surface d'appui est plus importante pour un véhicule à 4 roues.

Le centre de gravité :

Le centre de gravité est le point d'application de l'ensemble des actions de la pesanteur. Plus simplement, si un objet reste en équilibre sur la pointe d'une aiguille, celle-ci est placée en son centre de gravité.

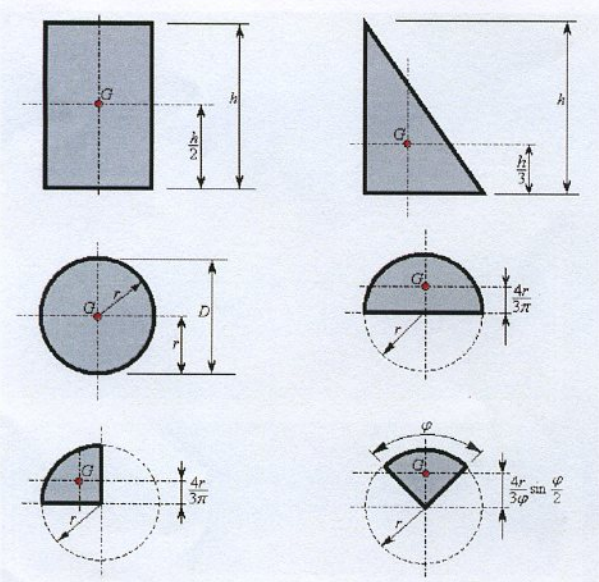




Le Push Car se renverse si le centre de gravité sort de la surface d'appui.

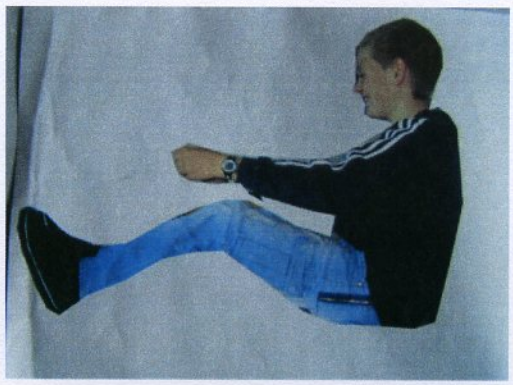
On constate dans la figure ci-dessus qu'un véhicule à 4 roues est plus stable qu'un véhicule à 3 roues.

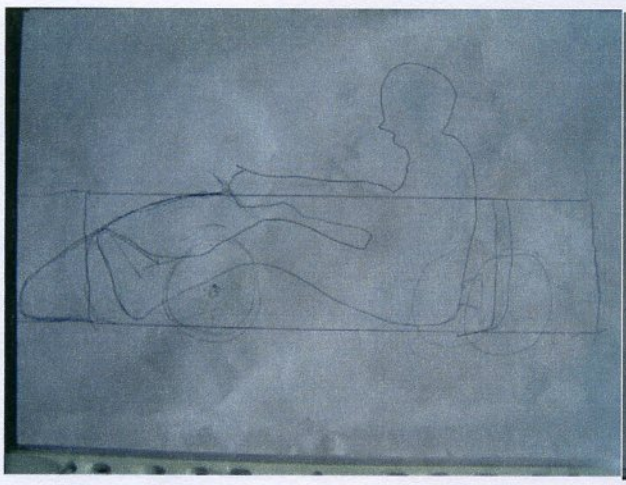
CENTRE DE GRAVITE D' ELEMENTS SIMPLES

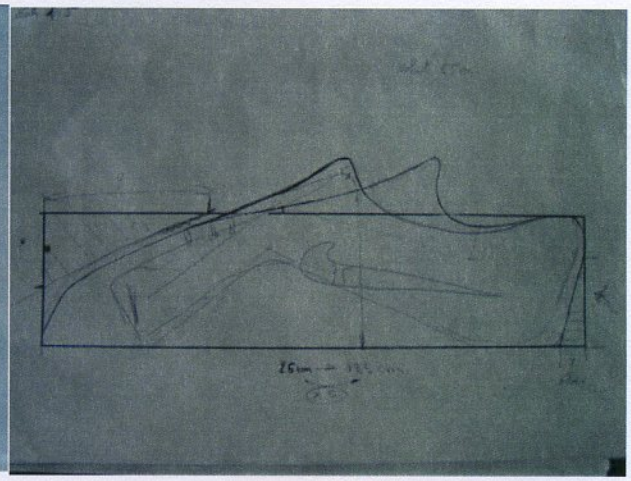


3 / Croquis et prototype du Push Car :
Recherche de forme

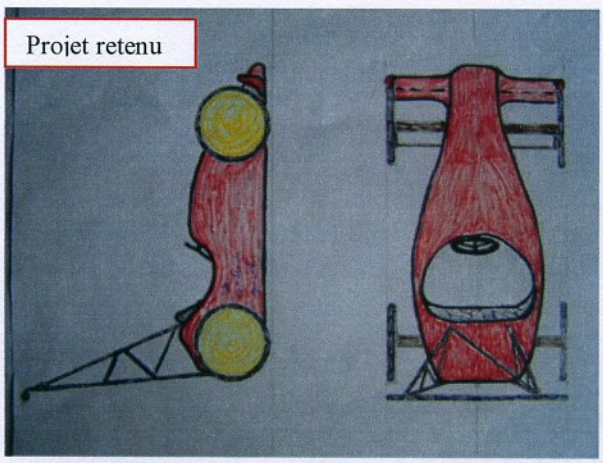
Nous avons fabriqué notre Pushcar en matériaux composites sandwich (fibre de verre/résine polyester/polystyrène extrudé), donc nous avions très peu de limite dans la conception des formes.
A fin de concevoir notre produit à la bonne échelle, ou plutôt de telle manière qu'un élève de 6ème puisse s'y installer, nous avons commencé par photographier un élève suivant les 3 vues (face, gauche, dessus) en position de conduite.

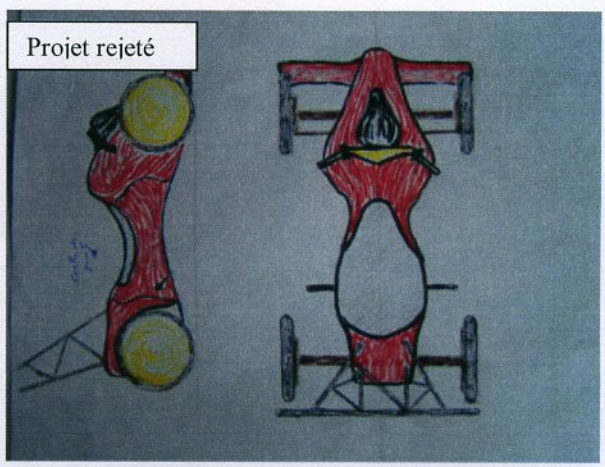






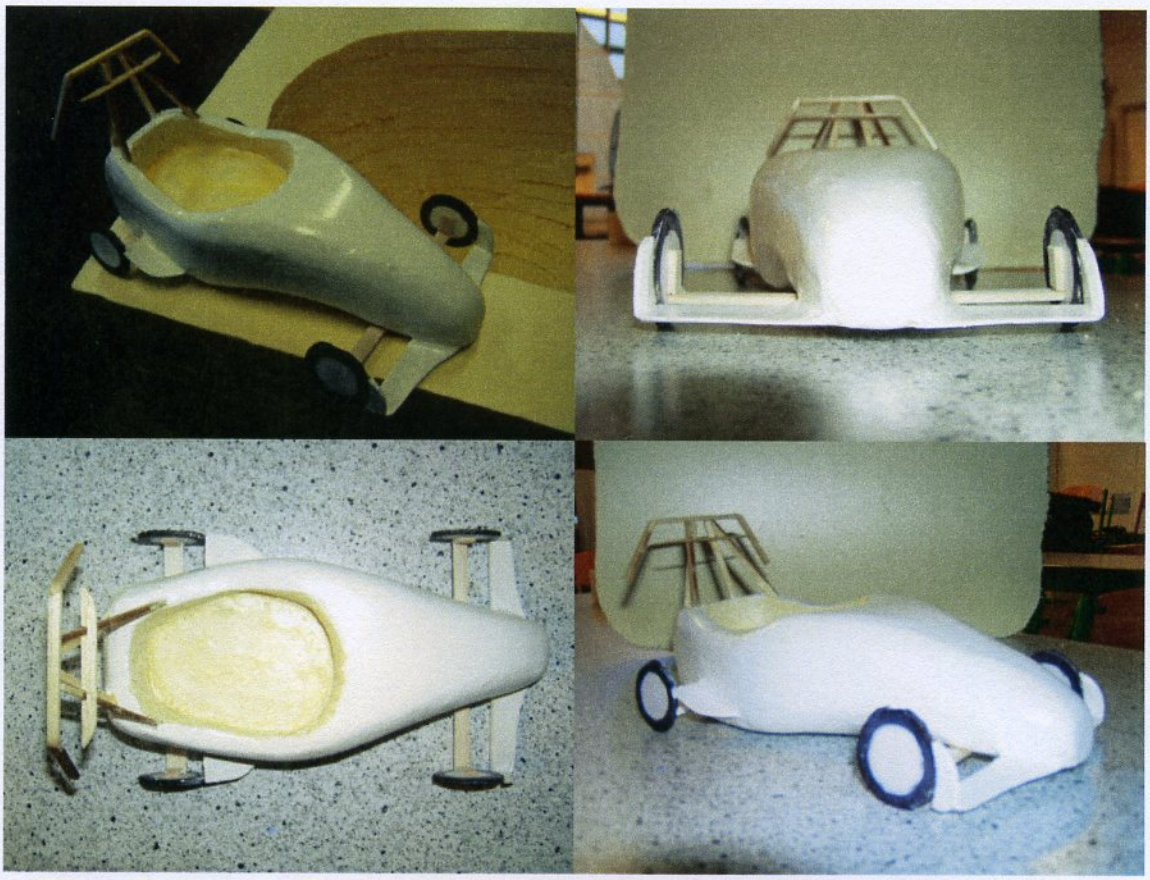
C'est autour de cet élève de "référence" qu'on a réalisé les croquis de notre futur Pushcar. Chaque élève a fait sa proposition, la meilleure a été retenue de commun accord.





Un autre projet avait été retenu mais un doute subsistait quant à la conformité avec le cahier des charges. De plus, de par la position de conduite type moto, on a constaté que le centre de gravité du Pushcar serait bien plus haut que dans la position couchée.

Le prototype : A partir du croquis retenu, nous avons réalisé un prototype en modèle réduit de notre voiture. Prototype lui-même réalisé en polystyrène, recouvert de résine. Les roues, spoiler, barre de poussée ont été réalisés en balsa.



C'est ce prototype qui a servi de base à la construction du modèle en grandeur réelle.
Des modifications ont tout de même été apportées au coup par coup en raison des problèmes et contraintes rencontrées lors de la fabrication.

4 / Budget prévisionnel

L'objectif premier a été de minimiser les coûts. Mais compte tenu de la technicité de notre produit, il fallait trouver le budget nécessaire à la réalisation. Le collège a financé le projet à la hauteur d'environ 500€ (accompagnement éducatif et école ouverte), le reste étant récupéré, ou offert par des "sponsors" ou plutôt des mécènes, ceux-ci ne demandant rien en retour. Nous les remercions.

Achat de fournitures :

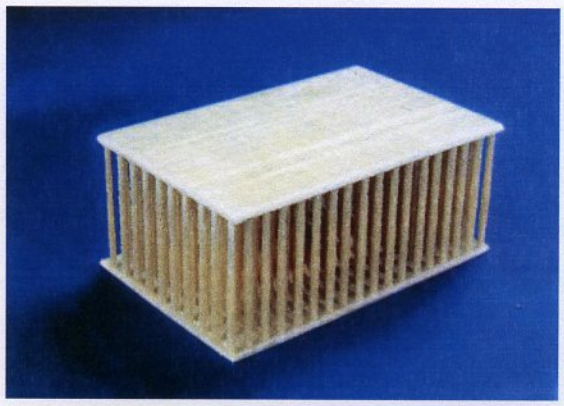
Roues + jantes + roulements	90€
Résine + fibre	120€
Polystyrène en plaques de 2 cm	30€
Acier + soudure + visserie	90€
Peinture + mastic polyester	120€
Fournitures diverses (manchons ...)	50€
Total	500€

5 / Recherche de solutions technologiques et réalisation

A/ Matière

Le **matériau composite** est un assemblage d'au moins deux matériaux non mélangeables (mais ayant une forte capacité d'adhésion). Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés que les éléments seuls ne possèdent pas.

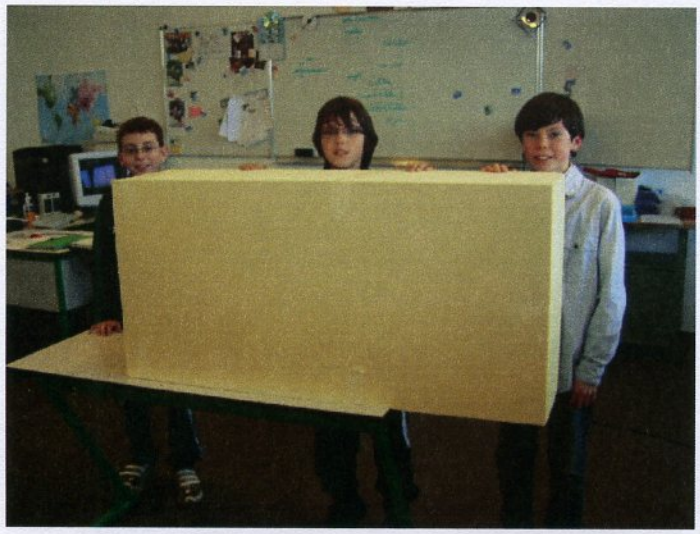
Notre push car sera constitué en composite sandwich de polystyrène extrudé et de résine polyester/fibre de verre.
Les panneaux de sandwich sont un produit remarquable parce qu'ils agissent aussi fort qu'un matériau solide mais pèsent significativement moins.



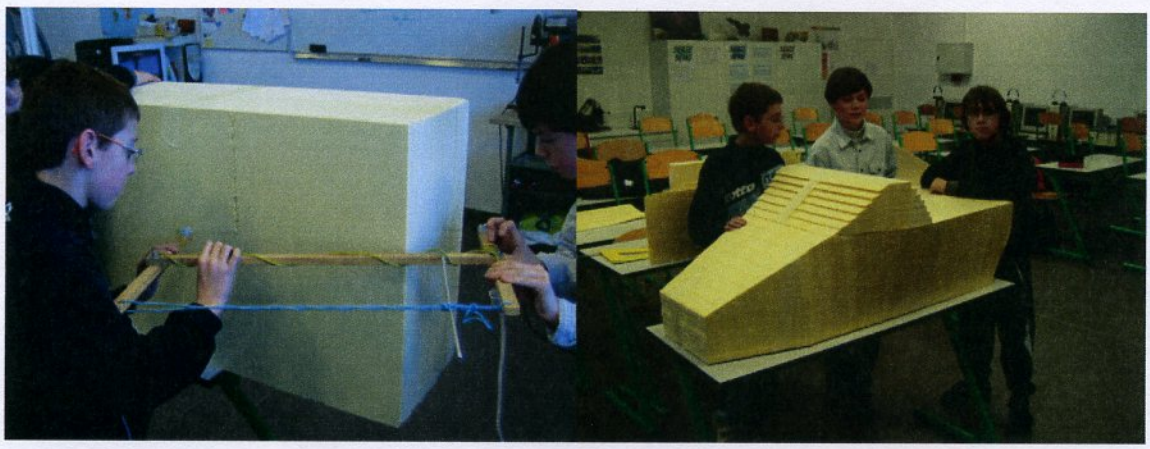
Nous avons choisi le **polystyrène extrudé** en plaque de 2cm d'épaisseur car il est peu coûteux et on peut le trouver facilement dans tous les magasin de bricolage.
La construction composite en **fibre de verre** est la moins coûteuse, la moins résistante aussi. Mais compte tenu du budget et des contraintes auxquelles la coque sera soumise, par expérience la fibre de verre est tout à fait adaptée.
Pour la résine, un problème se posait. La **résine polyester** est peu coûteuse mais elle a l'inconvénient de dissoudre le polystyrène. Il aurait été préférable ici d'utiliser la résine époxy. Mais celle ci est plus chère, plus délicate à appliquer et plus nocive.
Une nouvelle **résine polyester PSE** permet l'application sur polystyrène sans surcoût excessif.

B/ Technique

Réaliser notre Pushcar sans limite de forme nécessitait qu'on y réfléchisse un peu. Le polystyrène étant en plaque de 2 cm, on allait **constituer un bloc** mais sans coller les plaques pour l'instant (immobilisation avec du scotch).



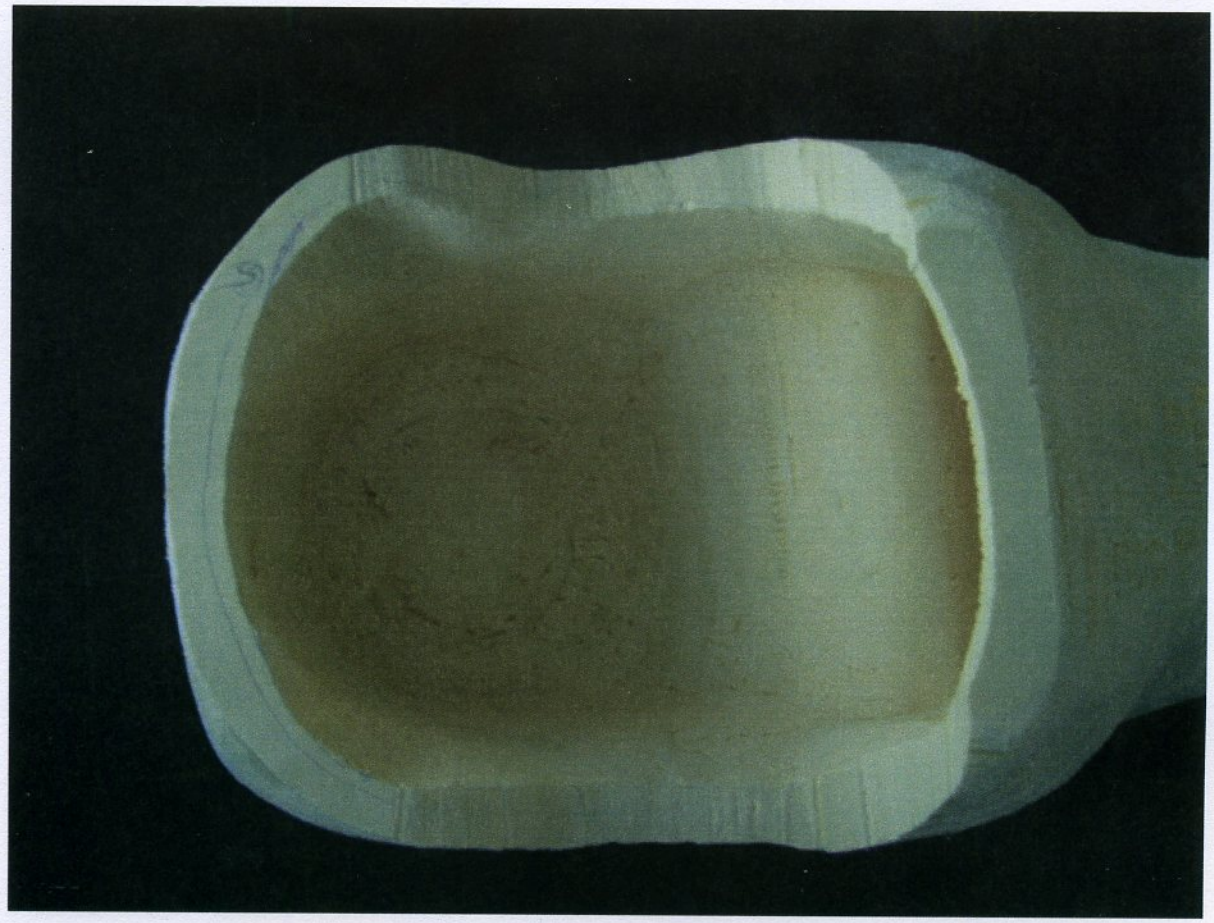
C'est à partir de ce bloc qu'on a commencé à découper les formes extérieures du Pushcar.
La découpe a été réalisée au **fil chaud**. Certainement la partie la plus agréable de la construction car facile à mettre en œuvre de plus on voit très vite avancer le travail et la coque prendre sa forme.



Les grandes lignes extérieures de notre coque étant obtenues, il fallait s'attaquer à l'intérieur.
Nous avons **numéroté** toutes les plaques afin de pouvoir les repérer facilement.

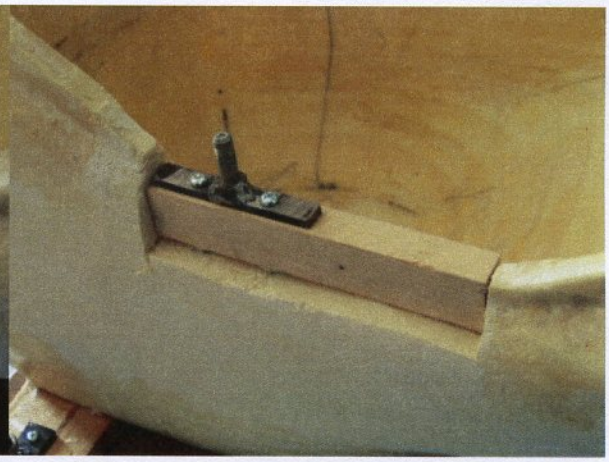
Pour découper l'intérieur, nous avons décidé de le faire plaque par plaque, en commençant par le bas. l'élève de référence (le plus grand) s'est assis sur la première plaque, nous avons dessiné le contour de son assise puis **découpé avec une lame de scie à métaux**. Puis de même, plaque par plaque pour arriver jusqu'au haut de notre Pushcar.

Puis le travail plus fastidieux du **ponçage** a été réalisé jusqu'à obtenir la forme désirée.

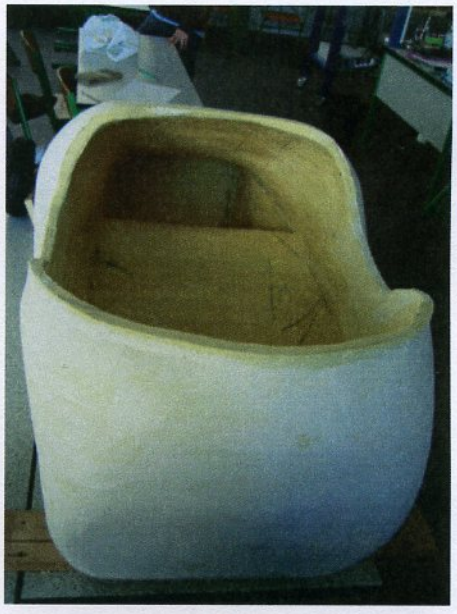


Lorsque la forme définitive a été obtenue, **nous avons collé les plaques entre-elles** pour former le squelette de notre voiture à pousser.

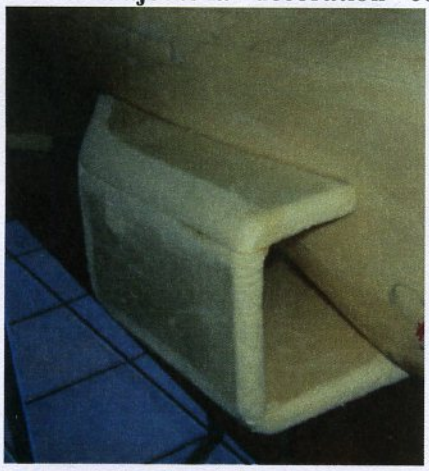
La base de la coque étant en polystyrène, il fallait ensuite ajouter les éléments devant reprendre les efforts des roues et le la barre de poussée (**les renforts**). Nous avons choisi de les réaliser en bois, récupéré dans de la palette.



Puis le squelette de polystyrène a **été recouvert de résine polyester/fibre de verre** en une seule couche sur l'extérieur et sur l'intérieur. Deux voire trois couches ont été appliquées aux endroits étant soumis aux efforts (à proximité des renforts en bois) mais aussi aux endroits nécessitant la manipulation (appui des main pour monter dans le PC ou sur le siège pour résister à l'appuis des pieds au niveau de l'assise).



Puis **on a ajouté la "décoration"** comme les fausses entrées d'air.



Finition de la coque :

La coque a ensuite été **enduite au mastic polyester, poncé au papier de verre puis au papier à l'eau** 600 (600 grains/mm²).

Puis enfin la phase de **peinture** : Peinture acrylique rouge brillante en bombe pour l'extérieur, et peinture acrylique noire mâte au pinceau à l'intérieur.

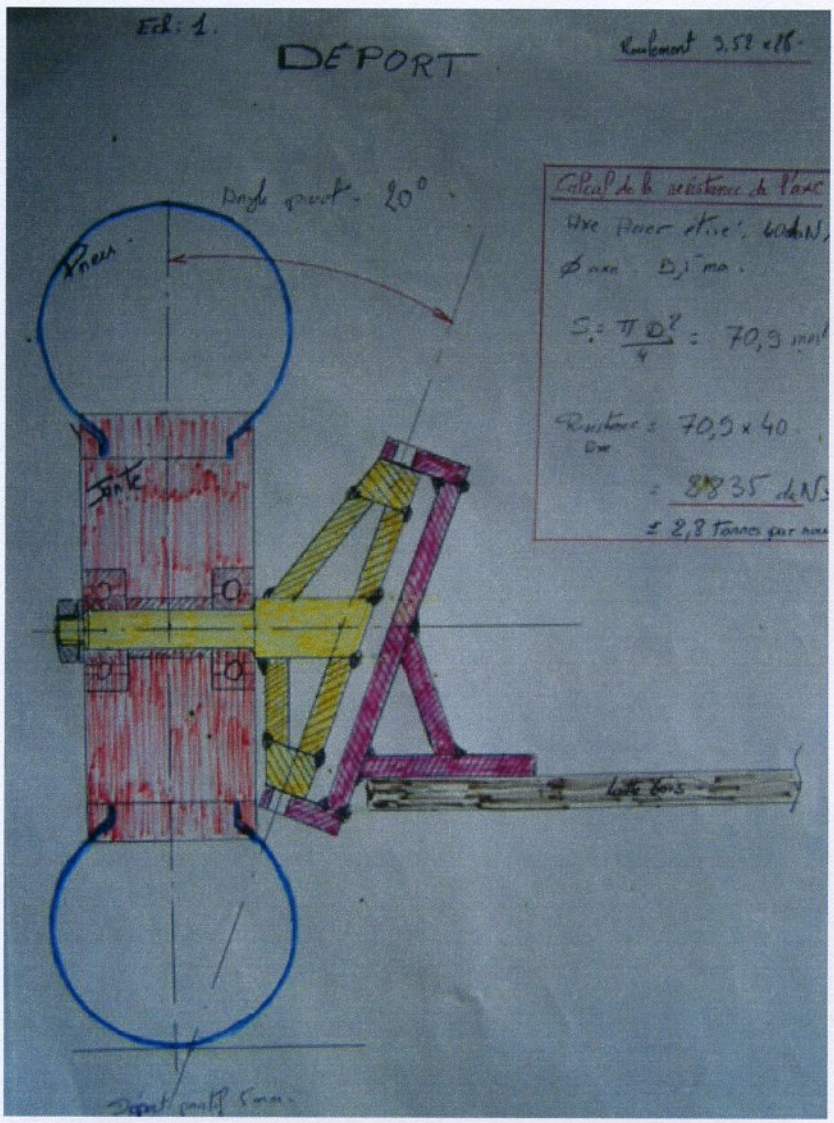
C/ Train roulant :

Nous avons décidé de réaliser un train roulant conforme aux voitures de tourisme ou de course, c'est à dire en respectant les règles de l'art lors de la construction.

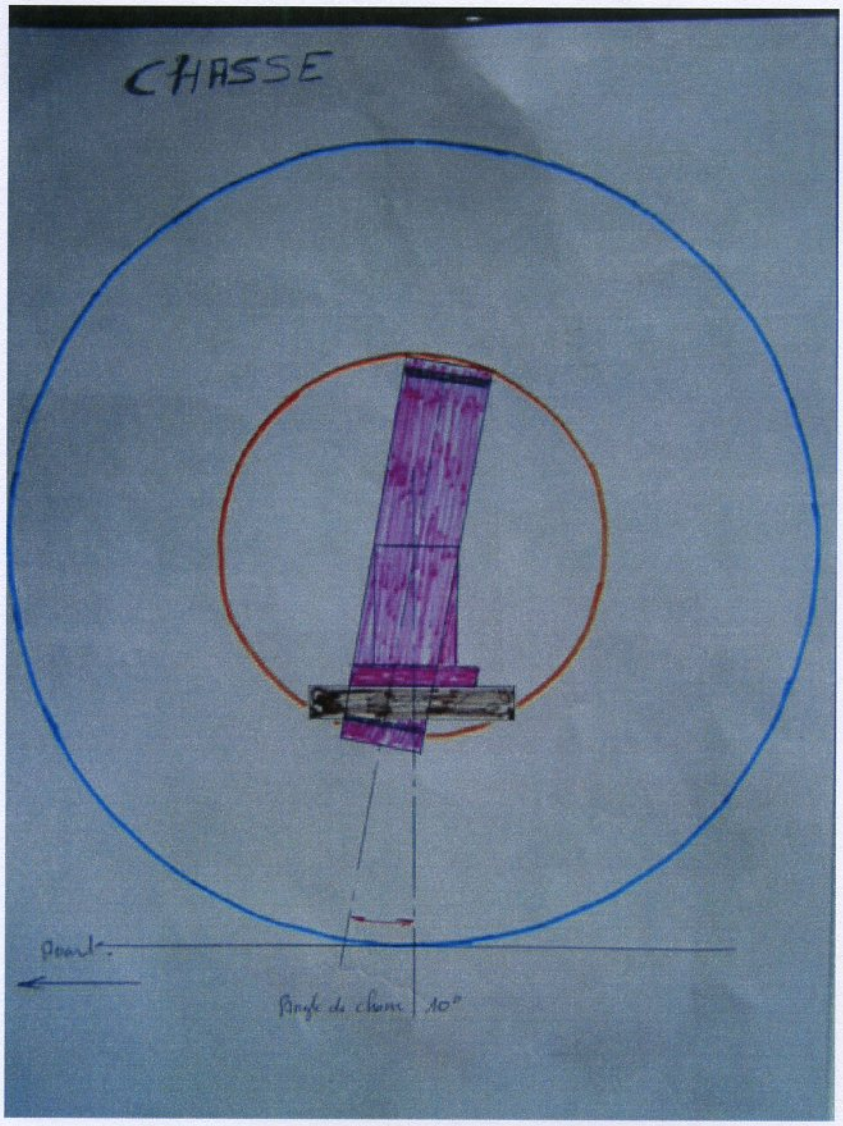
Après étude, nous avons décidé d'en respecter 3 règles importantes :

- **Le déport**
- **La chasse**
- **L'épure de jeanteau**

- **<u>Le déport</u>** : vu de l'avant, le déport va permettre de mettre en coïncidence l'axe de rotation de la roue avec son point de contact au sol.

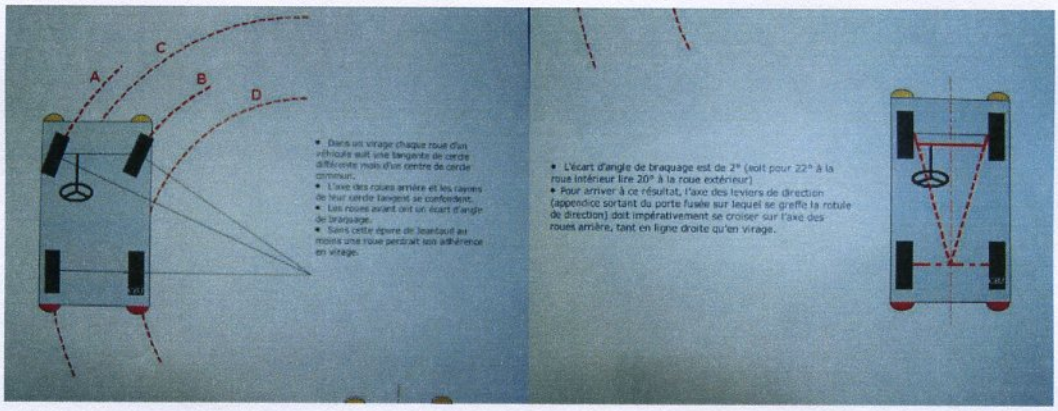


- **La chasse** : La chasse est aussi appliquée sur les vélos, c'est ce qui permet la stabilité de la direction et donc par exemple de pouvoir lâcher le guidon en roulant. La chasse sera appliquée sur le train avant de notre PushCar, ce qui permettra un retour automatique du neutre de la direction.



- **L'épure de Janteau** : La réflexion est simple. Lorsque je tourne avec ma voiture, la roue extérieur parcours plus de distance que la roue intérieure au virage. Ces deux roues n'ont donc pas le même centre de rotation. En y regardant de plus près, on constate que la roue intérieure au virage doit braquer plus fort que la roue extérieure au virage. Si on ne prend pas garde à cela, les roues vont riper sur le sol lors des virage et donc perdre de l'adhérence inutilement. Il faut donc trouver un système simple qui permettra d'avoir un parallélisme parfait en ligne droite et permettre de braquer automatiquement la roue intérieure plus fort que la roue extérieure. Internet nous a livré la solution : l'épure de Janteau.

Pour cela, l'axe des leviers de direction doit passer par le milieu du train arrière.



La suspension : La suspension de notre PushCar est réalisée par 2 lattes de sommier en bois. Le train n'est pas amorti.

Les roues : Nous avons opté pour des roues de montain Board sorte de grosse planche à roulette qui permet de rouler en tout terrain tracté par un Kite. Elle font 200 mm de diamètre.

Les éléments de direction ont été réalisés par les professeurs pour des raisons de dangerosité et de sécurité (utilisation de machine non adaptées pour des élèves du collège).

La direction : La direction de notre Pushcar a été inspiré des kartings. Le volant, relié à un doigt déporté actionne la biellette de direction.
Compte tenu des angles du train, il fallait absolument utiliser des rotules pour faire fonctionner de manière efficace le système de direction. Des rotules de vérins pneumatiques (coffre de voiture) ont été utilisées.

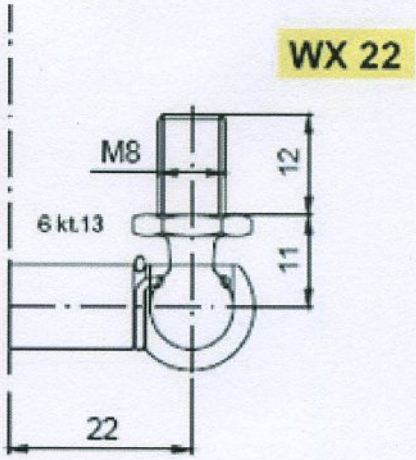
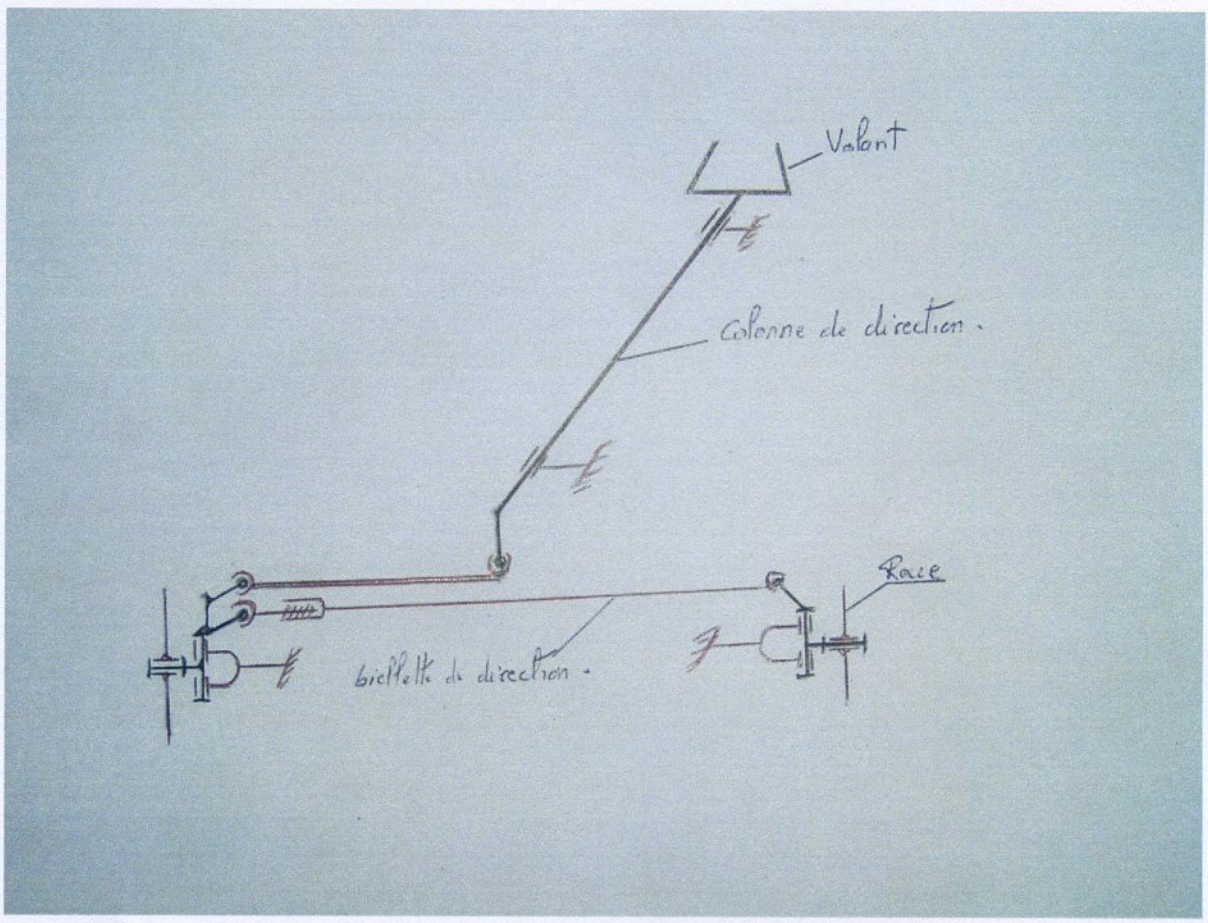
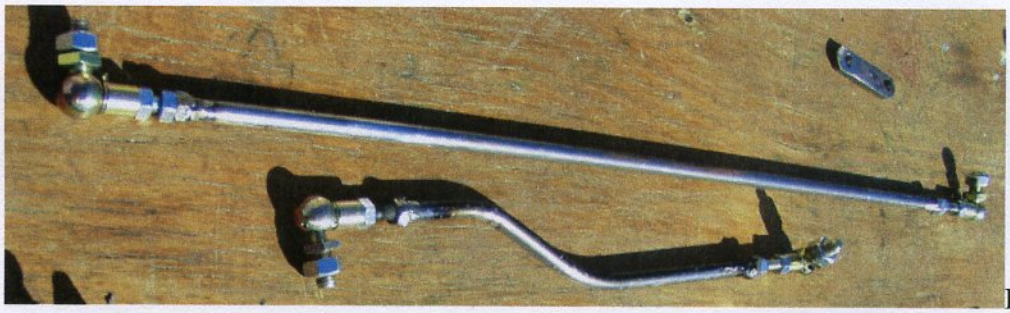


Schéma du système de direction :



Les trains avants et arrières sont réalisés en acier mécano-soudé.

Doigt déporté.



Biellettes

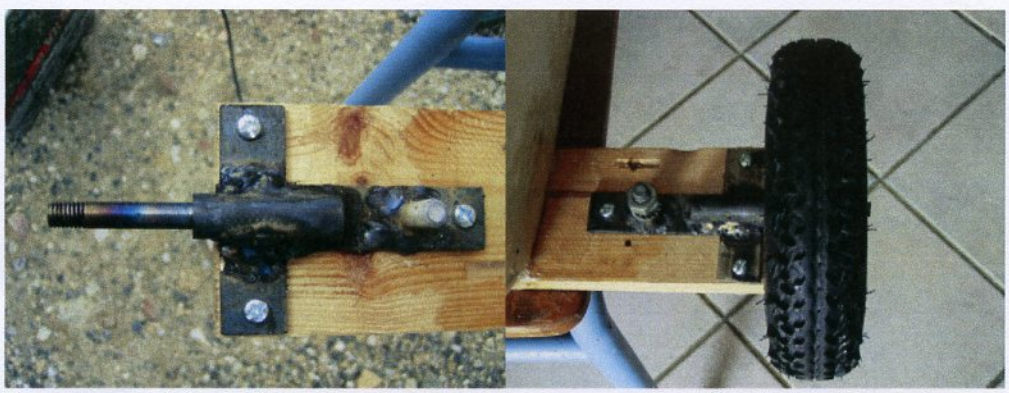
Colonne

Fusées

Volant

Le train arrière :

L'axe des roues a été réalisé au tour. Les filetages ont été réalisés à la filière.



Les axes ont été soudés sur des ferrures pour permettre leur fixation sur les renforts en bois.

Habillage du train arrière permettant la protection de la roue en cas de virage pris un peu court. L'habillage a aussi un rôle esthétique.

Le rôle de l'aileron avant :

L'aileron a un rôle important, il doit assurer la protection du train avant en cas de chocs. Il doit être extrêmement résistant. Il est réalisé en bois (planche de palette) recouvert de fibre de verre/résine polyester. Les winglets (petites surfaces verticales) sont reliées à l'aileron par collage, renforcé par un composite Kevlar/carbone procurant la résistance nécessaire dans la liaison aileron/winglet.

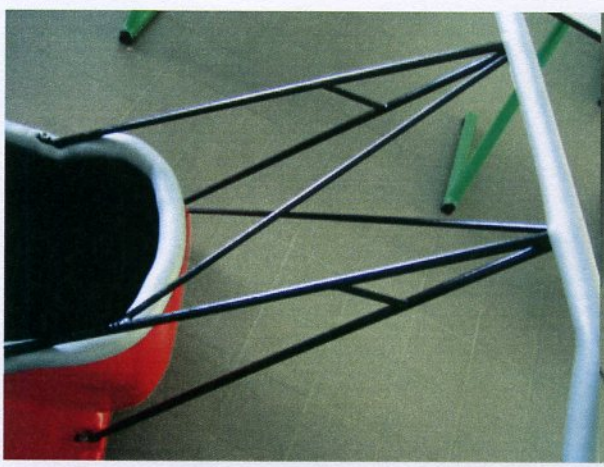
L'ensemble est ensuite enduit et poncé, permettant une surface lisse avant peinture.

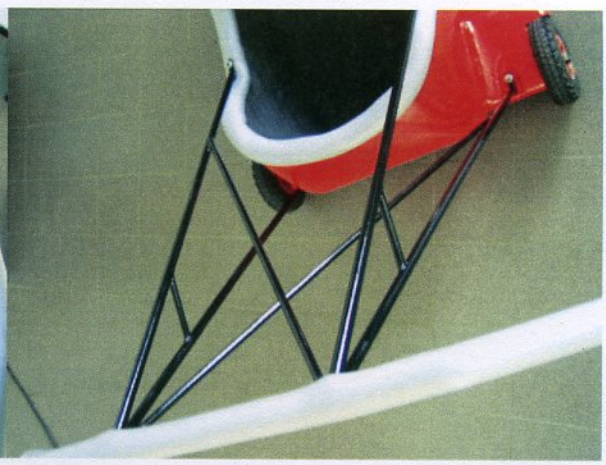
La barre de poussée :

Elle doit être suffisamment résistante, légère, à la bonne hauteur pour un élève du collège.

La barre de poussée sera fixée au Pushcar par 4 vis.
Elle est constituée de tubes d'acier mécano-soudés, triangulé pour accroitre sa résistance.
La barre est peinte et recouverte d'un manchon d'isolation pour tuyau au niveau de la prise en mains.

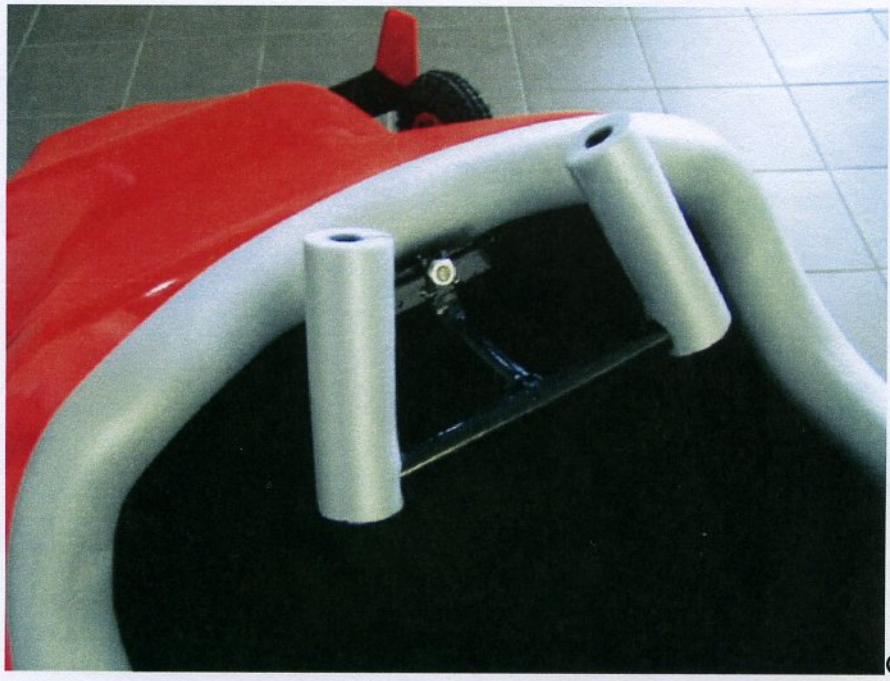
Des renforts ont été prévus sur le Pushcar afin de résister aux effortx engendrés par les accélérations et les freinages.





Finition et garniture : Appliquer de la fibre + résine pour former des angles droit n'est pas aisé. La fibre a tendance à faire une légère courbe qui pour les endroits bien visible est peu esthétique. De plus nous avons décidé de peindre l'intérieur de la voiture en noir mât afin d'atténuer les défauts de finition et de peindre l'extérieur en rouge brillant. La transition entre ces deux types de peinture n'est pas simple à faire. C'est pourquoi nous avons prévu de placer un manchon d'isolation pour tuyau à cet endroit afin de parfaire la finition.

Concernant le volant, le même type de manchon a été utilisé afin d'en améliorer la prise en main.


Garniture

6 / Les essais

Avant de réaliser les essais, les dernières vérifications ont été effectuées :

Pression des pneus : 3 daN/cm² (3 bars)

Réglage du parallélisme et vérification de l'épure de Janteau.

Réalisation de l'équipe : Il a été convenu au départ de mettre un élève léger au volant et les plus lourds à la poussée. Après test, nous avons bien évidement constaté que pilote léger ne rimait pas avec bon pilote.

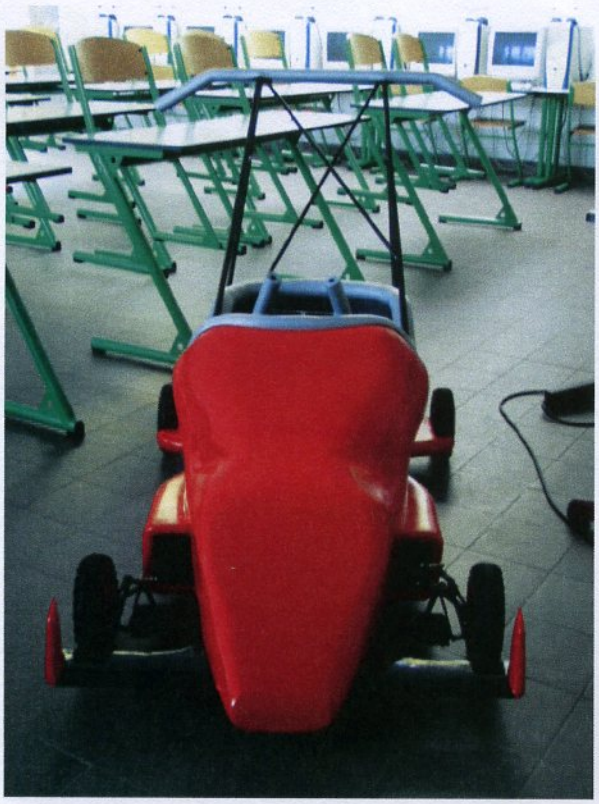
Après réajustement, l'équipe était formée.

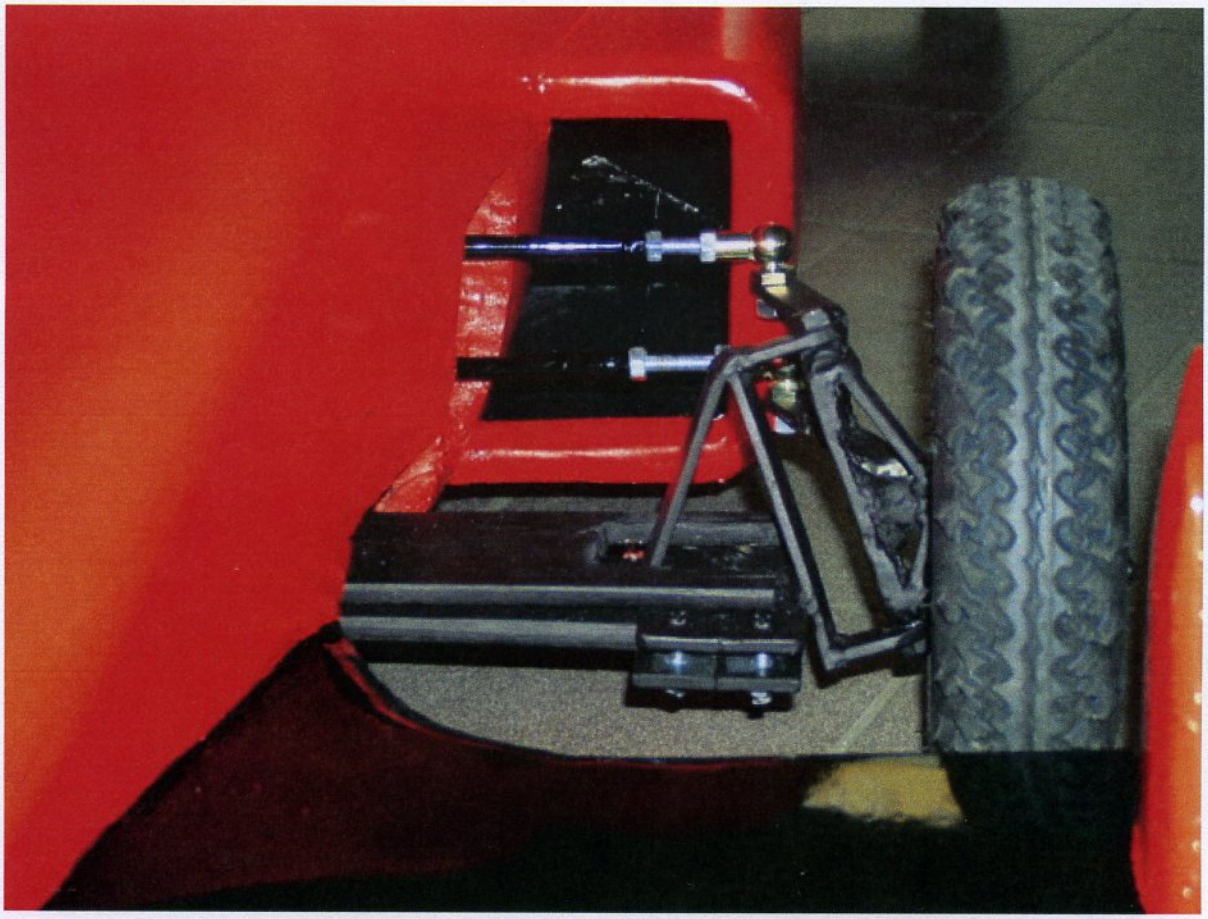
Premiers tours de roues du Pushcar :

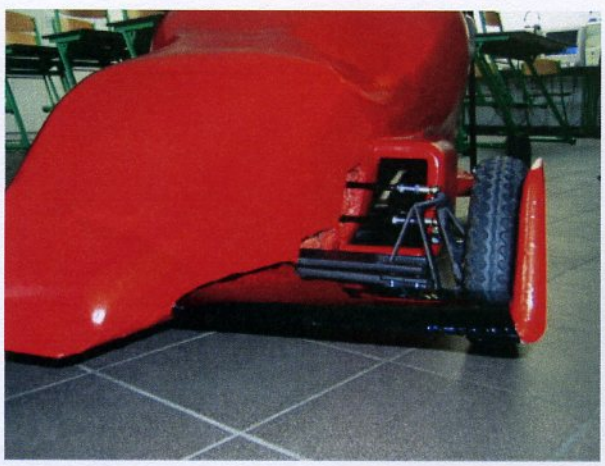
C'est avec une grande surprise et aussi un grand soulagement qu'on a pu enfin voir fonctionner notre Pushcar, le fruit d'environ 400 heures de travail cumulé, comprenant la R&D (recherche et développement), prise de contact avec les divers intervenants, sponsors, fournisseurs, fabrication, finition et essais.

Après modification du parallélisme, les virages étaient parfaits, sans dérapage des roues. Aux dires des pilotes d'essai, la direction est précise et légère, la voiture est facile à prendre en main.

Les pousseurs trouvent la position confortable, le véhicule a tout de même une certaine inertie, conséquence de sa masse de 15 kg et bien sûr de la masse du pilote.





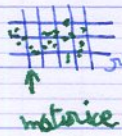


NOVOTEL

Cours n°1 Les matériaux composites

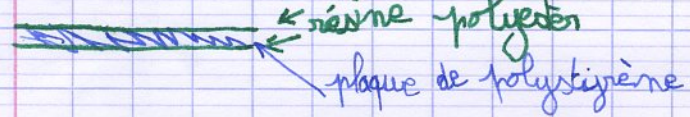
Ils sont composés de 2 éléments

- le renfort : fibre de carbone, fibre de verre, fibre aramide (Kevlar).
- la matrice : résine polyester, résine époxyde.

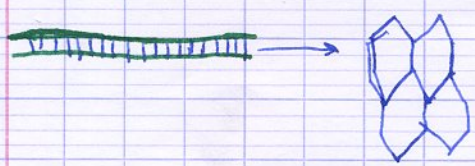


construction en sandwich :

exemple n°1 :



exemple n°2



avantage : beaucoup solide.

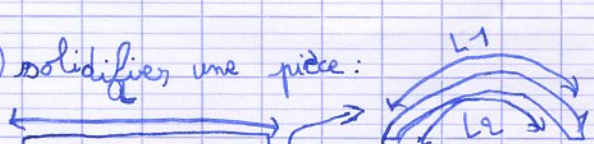
cours n°2 Les forces

I) Qu'est-ce qu'une force ?

c'est une action exercée sur un objet et qui peut :

- soit le déplacer (poussée, aimantation, par la gravité).
- soit le déformer (traction, extension, attraction, compression, torsion).
- soit le casser

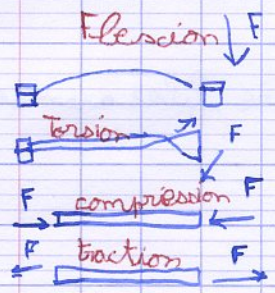
II) solidifier une pièce :



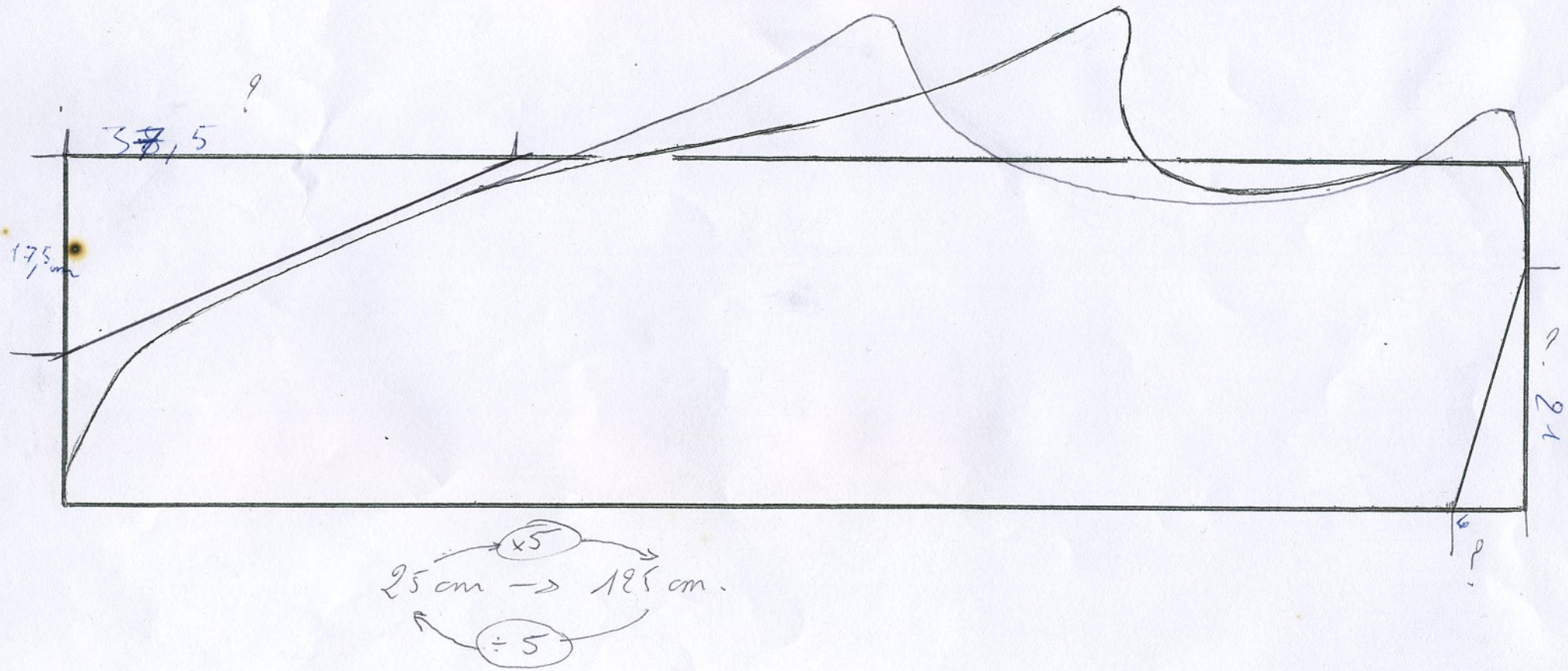
L1 > L car la partie supérieure est en traction : elle s'allonge

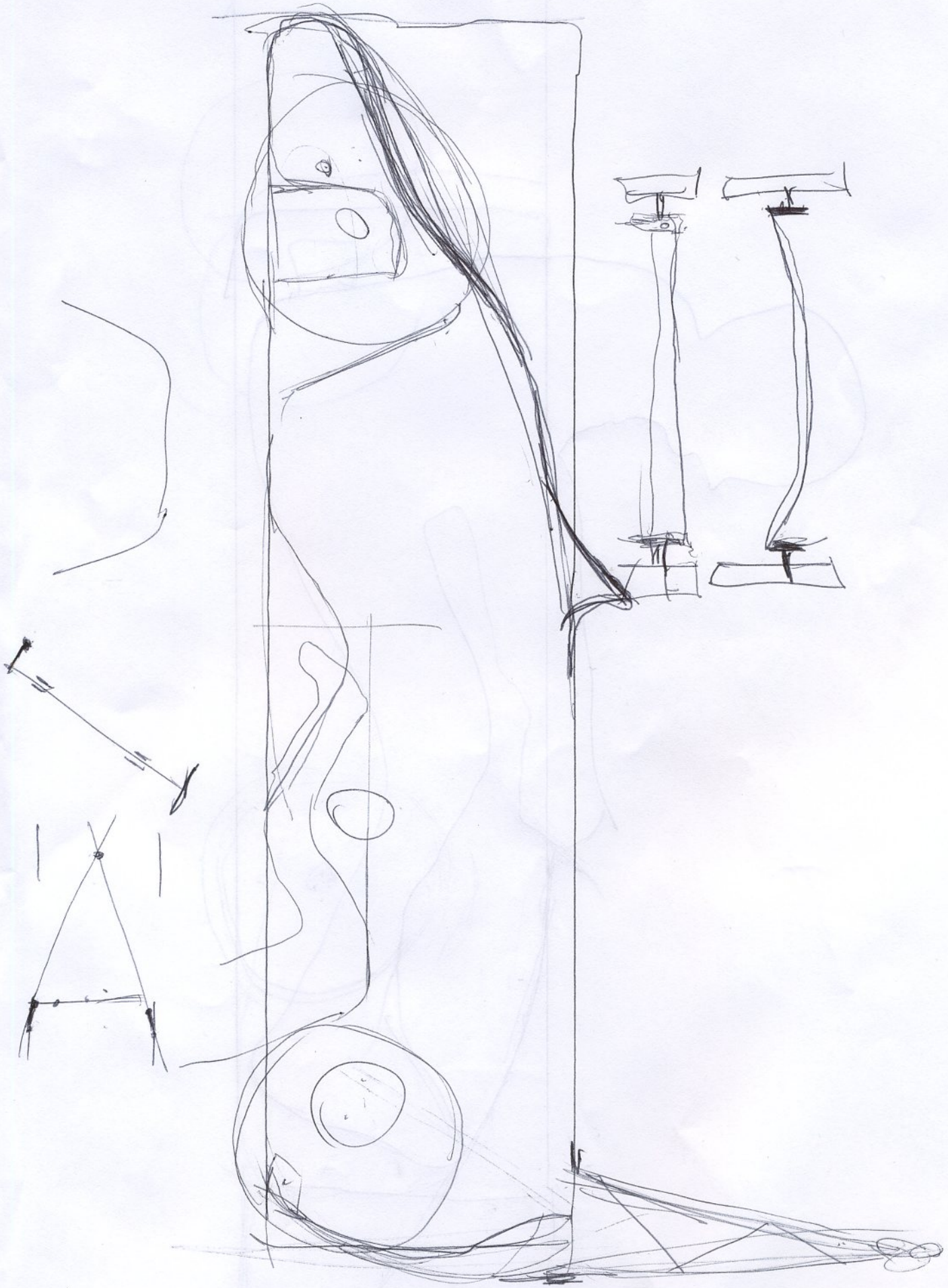
L2 < L car la partie inférieure est en compression : elle se rétrécit

un objet soumis à une force peut se déformer.



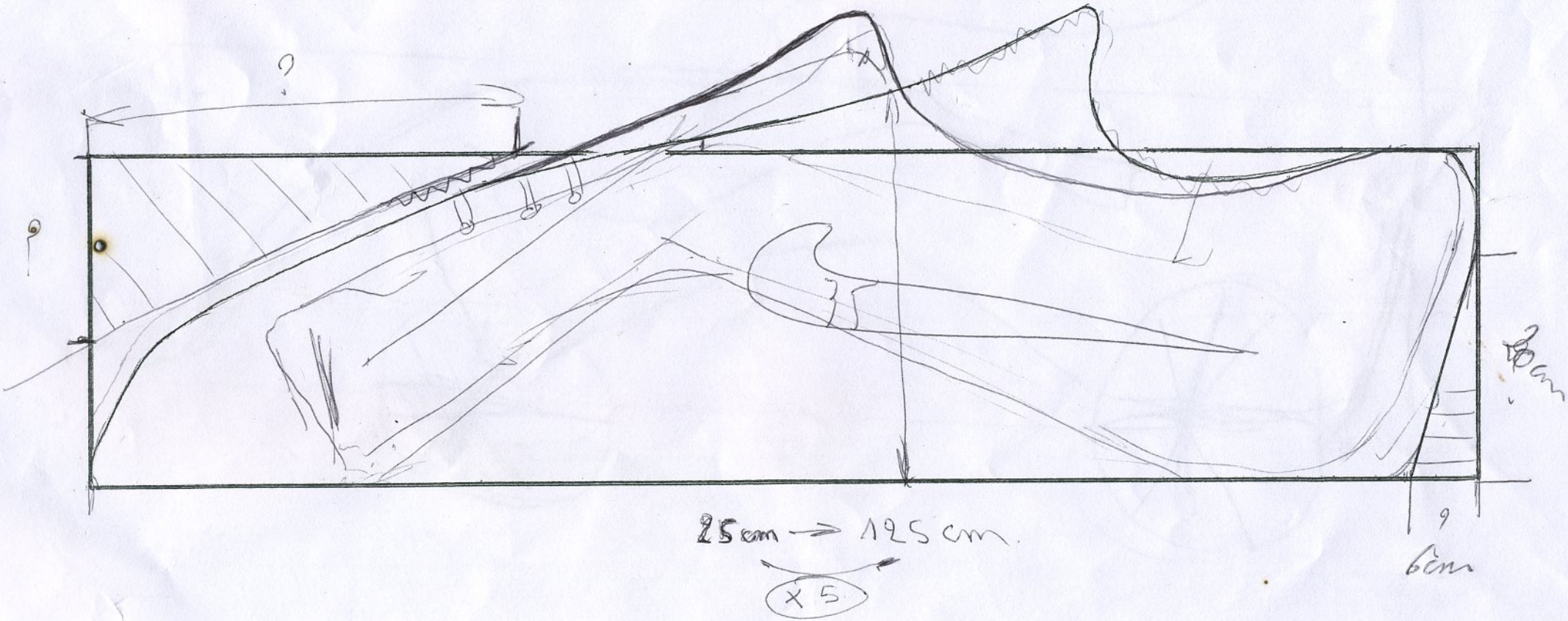
Ech 1:5





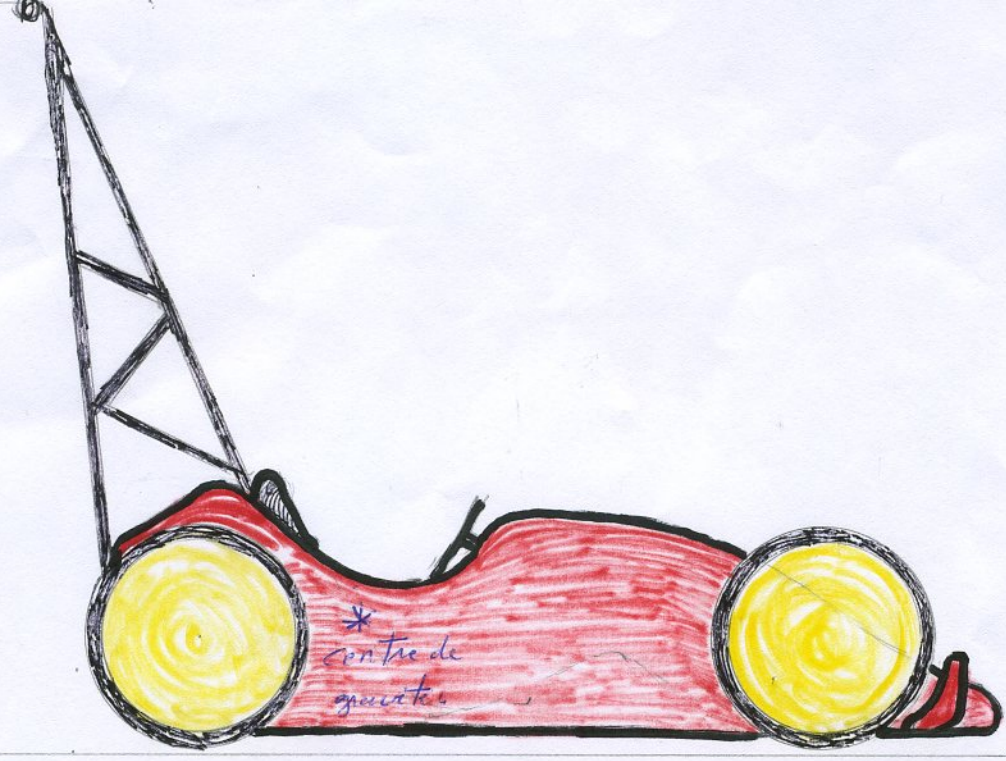
Ech 1:5

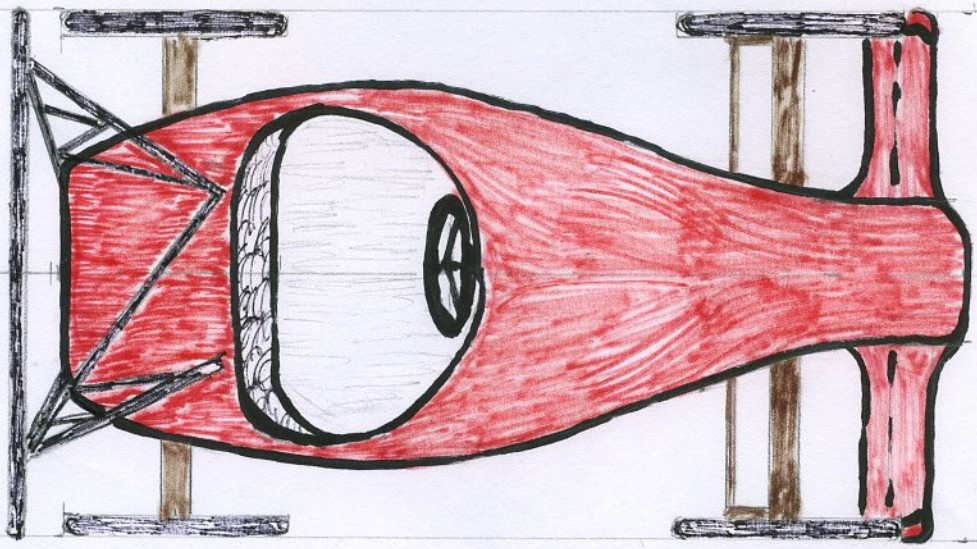
volant 55 cm



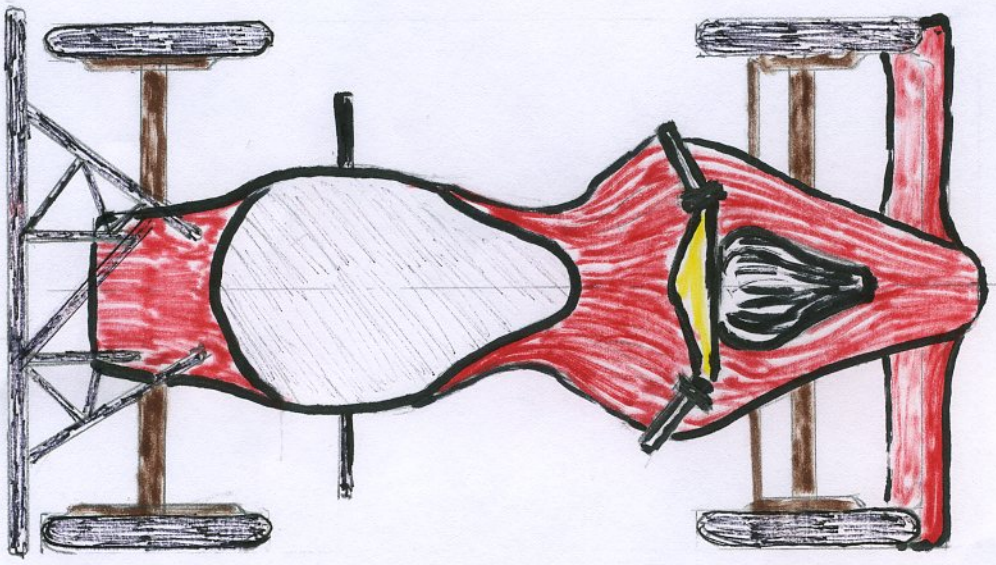
25 cm → 125 cm.

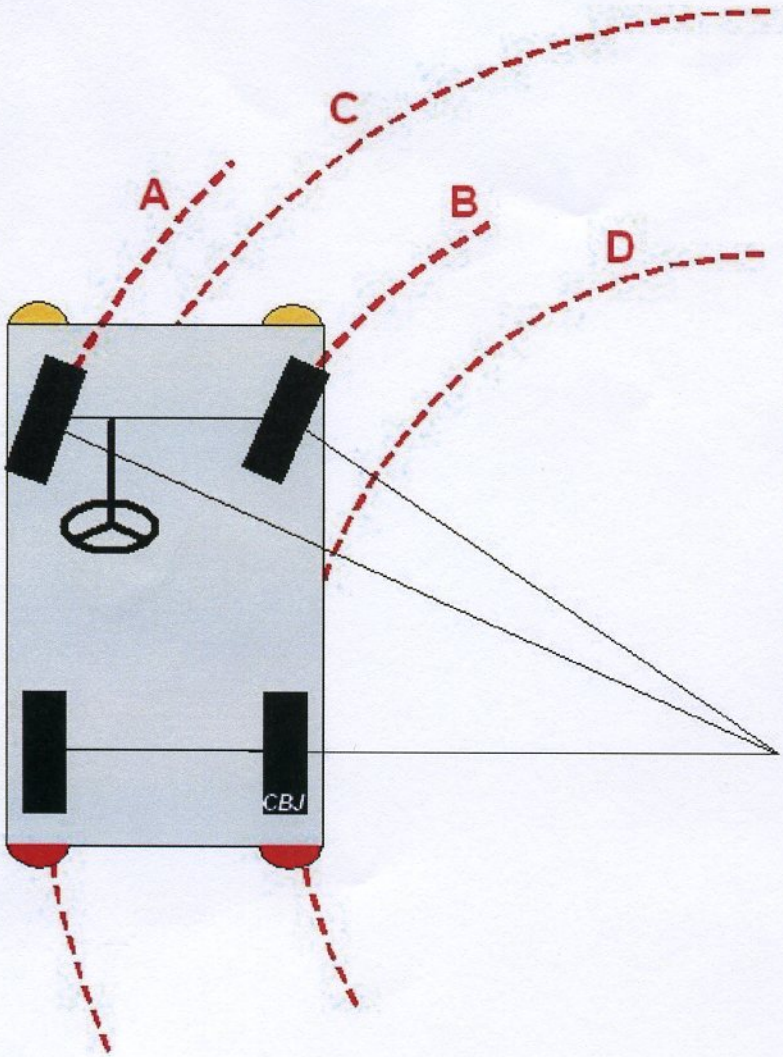
x 5


* centre de gravité

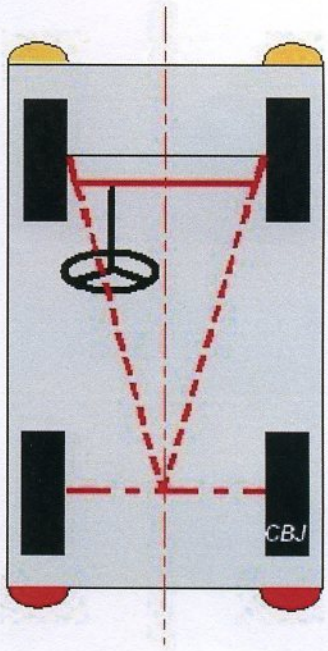


Centre de gravité





- Dans un virage chaque roue d'un véhicule suit une tangente de cercle différente mais d'un centre de cercle commun.
- L'axe des roues arrière et les rayons de leur cercle tangent se confondent.
- Les roues avant ont un écart d'angle de braquage.
- Sans cette épure de Jeantaud au moins une roue perdrait son adhérence en virage.



- L'écart d'angle de braquage est de 2° (soit pour 22° à la roue intérieur lire 20° à la roue extérieur)
- Pour arriver à ce résultat, l'axe des leviers de direction (appendice sortant du porte fusée sur lequel se greffe la rotule de direction) doit impérativement se croiser sur l'axe des roues arrière, tant en ligne droite qu'en virage.

Home (l'automobile et..)
Le parallélisme
L'épure de Jeantaud
L'angle se chasse
L'angle de carrossage
L'angle de pivot
L'angle inclus
Le déport
L'offset (ou axe de poussée)
Le set-back
Télécharger au format PDF
Contactez-moi

La géométrie des trains roulants

CE SITE A POUR OBJET DE TRAITER:

- De la géométrie des trains roulants
- De linfluence des angles sur le comportement des roues
- De l'influence des angles sur le comportement du véhicule

webmaster

Visitez les pages du même auteur

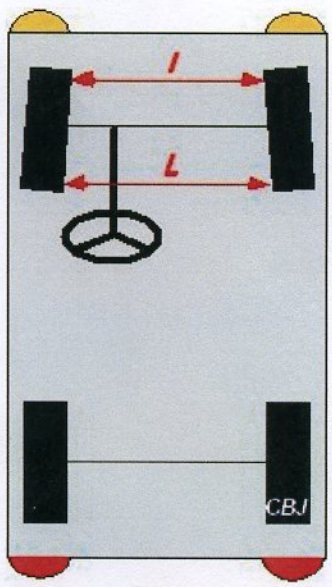
L'automobile et:
sa pollution, les techniques de dépollution, les carburants, l'écologie, etc.....

Vers le début

Le parallélisme

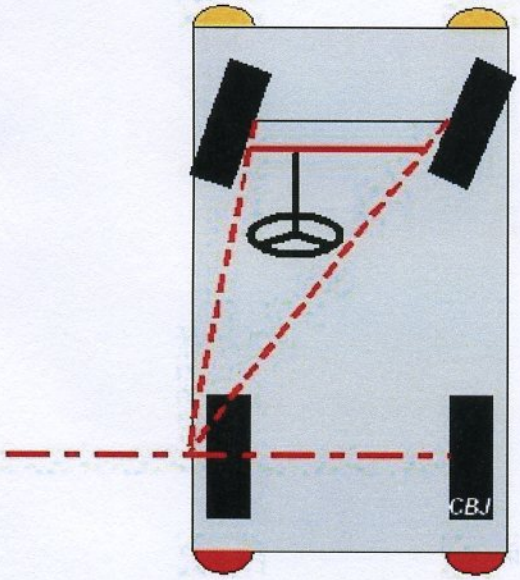
- La valeur est donnée par la valeur L – l Cette valeur en mm est mesurée au niveau de la gorge de la jante (ou se place les plombs d'équilibrage)
- De plus en plus cette valeur est donnée en degrés (unité plus simple à gérer par les appareils modernes)
- Le parallélisme est dit positif quand il y a du pincement.
- Quand le parallélisme a un défaut, le véhicule « tire » quand même droit. Seul le volant peut être de travers.

Les pneumatiques s'usent de l'intérieur pour un parallélisme négatif et de l'extérieur quand il est positif.
(Le parallélisme doit être nul quand le véhicule roule. La valeur donnée à celui-ci a pour but de rattraper les jeux pendant le roulage)



Vers le début

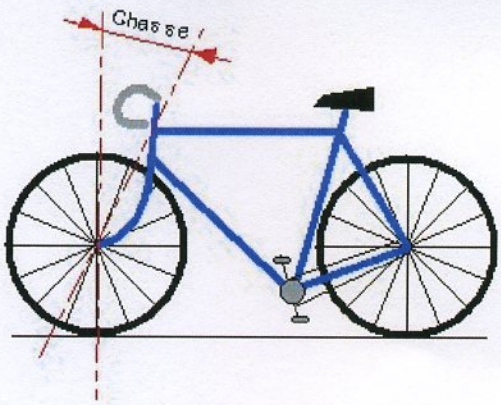
L'épure de Jeantaud



- Actuellement l'épure de Jeantaud est de moins en moins utilisée.
- Les 2° sont rattrapés par la souplesse des silentblocs et des pneumatiques.

Vers le début

L'angle de chasse

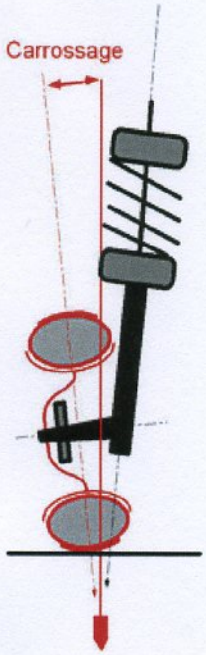


- L'angle de chasse est l'angle que l'on retrouve sur les vélos.
- C'est lui qui permet la stabilité de roulage.
- Il permet aussi de rouler sans les mains.

- La chasse est l'angle formé par la verticale et l'axe des pivots vers l'avant du véhicule.
- Cet angle permet le retour des roues en alignement du véhicule.
- Un défaut de cet angle n'a aucun effet sur le comportement du véhicule, par contre une chasse défectueuse provoque souvent d'autres défauts comme le carrossage, qui lui a un effet sur ce comportement.

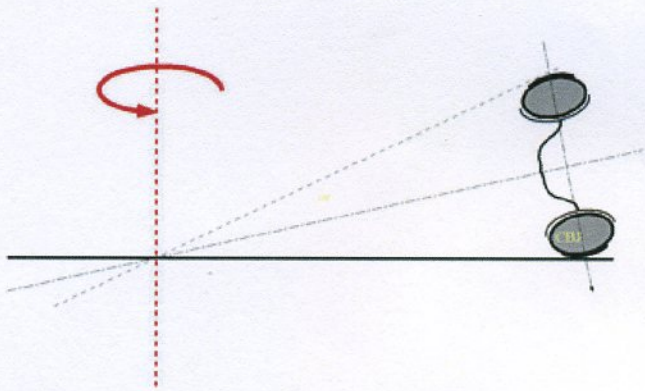
Vers le début

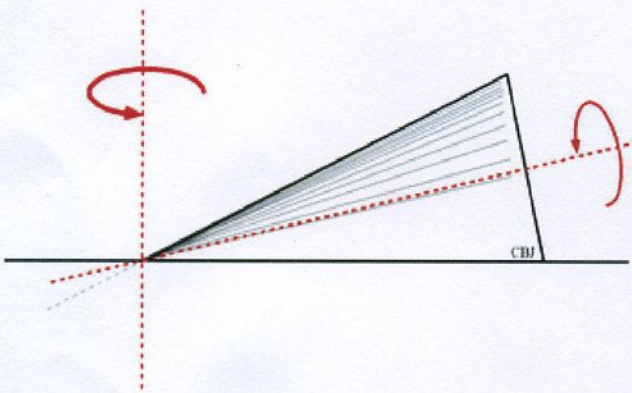
L'angle de carrossage



- Pour éviter un déport (voir plus loin)trop important, il est nécessaire d'incliner la roue par rapport à la verticale.
- Le carrossage est dit positif quand la base de la roue entre vers le véhicule.

- Quand une roue inclinée roule, elle a tendance à se comporter comme un cône.

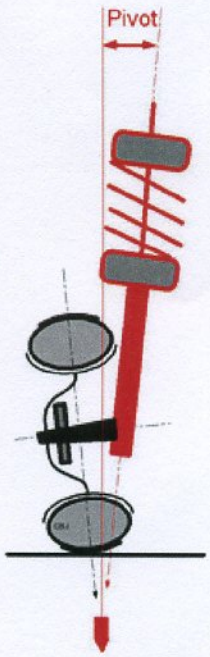




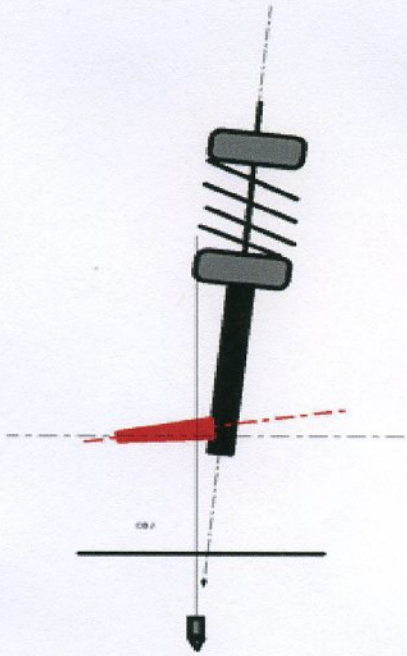
- Un cône tourne autour de son sommet.
- Un défaut de carrossage fait tirer le véhicule du côté où le carrossage est le plus positif.
- Le carrossage provoque une usure du pneumatique du côté de son inclinaison sur la bande de roulement.

Vers le début

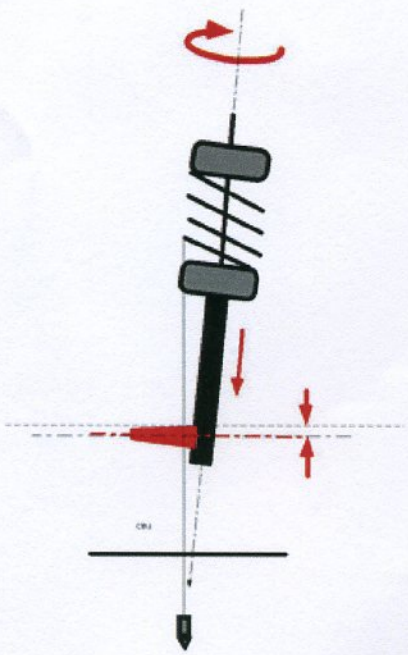
L'angle de pivot



- Pour compenser le carrossage il est nécessaire d'incliner l'axe des pivots dans le but de diminuer le déport.
- Dans un montage « MacPherson » l'axe des pivots passe par la rotule inférieure et le roulement supérieur de la jambe d'amortisseur.



- L'angle des pivots implique que la fusée n'est pas perpendiculaire à la jambe d'amortisseur.



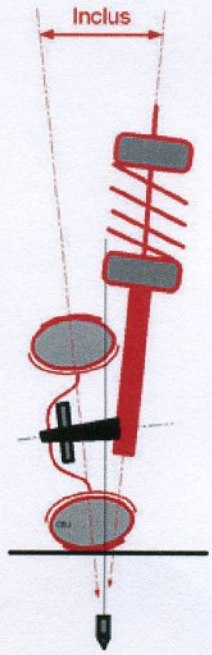
- En tournant la direction, la fusée à tendance à faire « monter » la caisse du véhicule.
- L'angle des pivots a donc tendance à ramener les roues en ligne droite car le poids du véhicule appuie et fais redescendre la fusée.

Vers le début

L'angle inclus

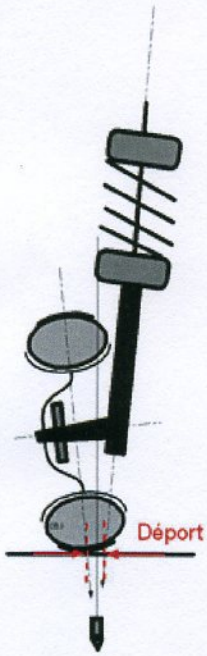
Exemple de porte fusée(twingo)

- Le porte fusée est en principe une pièce de fonderie en un seul morceau.
- C'est cette pièce qui détermine la valeur des angles de carrossage et des pivots entre eux.
- La somme de ces deux angles est l'angle inclus.
- Si cet angle est défectueux sur un montage MacPherson la jambe d'amortisseur est à incriminer.



Vers le début

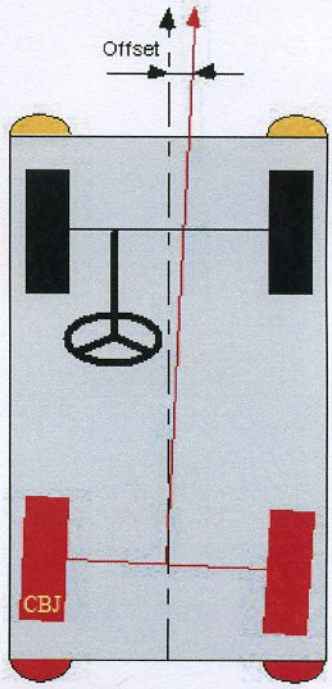
Le déport



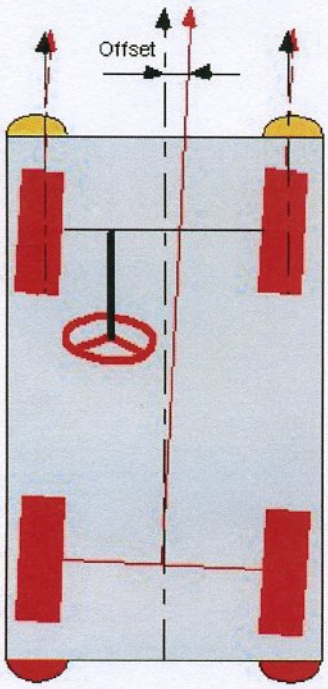
- Le déport est l'écart qu'il y a au sol entre l'axe des pivots et celui du carrossage.
- Plus le déport est important, plus le couple provoqué « tire » sur les roulements, les rotules, les silentblocs et la direction.
- Une roue dégonflée provoque du déport et c'est la raison pour laquelle
le véhicule « tire » alors du côté de cette roue.

Vers le début

L'offset (ou axe de poussée)



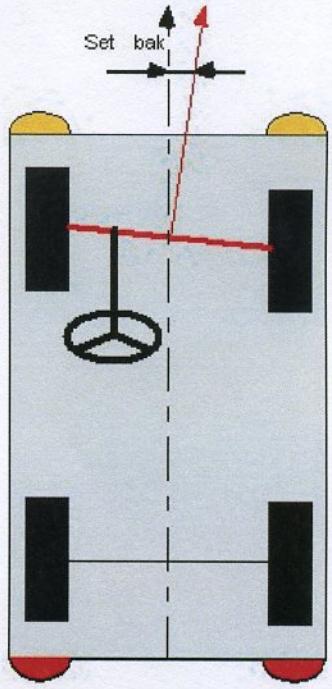
- Dans un fonctionnement normal, les axes de l'essieu avant et arrière sont confondus.
- Quand un défaut apparaît sur l'axe de l'essieu arrière (une roue ou l'axe entier décalé) les axes ne sont plus confondus.
- L'offset est l'angle formé par ces deux axes.



- L'offset provoque le roulage " en crabe " du véhicule.
- Le volant est décalé.
- Le véhicule semble " tirer " droit.

Vers le début

Le set back (ou fifférence d'axe)



- C'est l'angle formé entre l'axe du véhicule et l'axe de l'essieux avant.
- Souvent il implique un défaut de chasse et de carrossage.
- Le défaut de cet angle ne perturbe pas le fonctionnement du véhicule, mais les défauts provoqués sur les autres angles provoquent un défaut de roulage.

Vers le début

- Sur la plus part des véhicules, seul le parallélisme avant est réglable.
- C'est la raison pour laquelle les anciens ne parlais que de parallélisme.
- Si les angles ne sont pas réglables, ils sont en outre « réparables ».

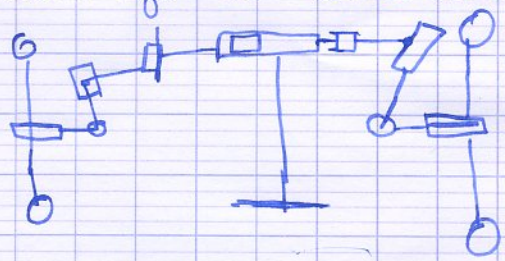
Soit en remplaçant la ou les pièces défectueuses soit en passant le véhicule au marbre.

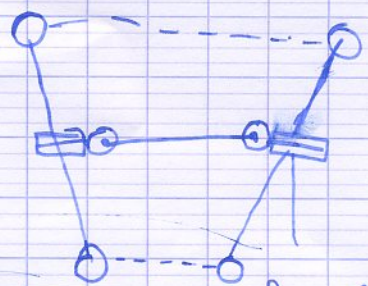
- Il n'est pas pensable aujourd'hui de ne pas regarder la géométrie d'un véhicule dans son ensemble.

Exemple de données constructeur Renault Twingo (données AUTODATA)

Valeurs de réglage - Quatre roues			
Notes			Valeur prescrite
	Position Charges		à vide
	Réservoir à carburant - pourcentage plein	%	100
	Parallélisme (N = négatif, ouverture)	mm	1N±1
	Parallélisme	degrés	0°10'N±10'
	Parallélisme	degrés-1/100	0,17N±0,17
192	Carrossage	degrés	
193	Carrossage	degrés-1/100	
	Variation max. admissible - G/D	degrés	1°
	Variation max. admissible - G/D	degrés-1/100	1
	Réglage de carrossage		Non réglable
194	Chasse	degrés	
€			
195	Chasse	degrés-1/100	
	Variation max. admissible - G/D	degrés	1°
	Variation max. admissible - G/D	degrés-1/100	1
	Réglage de chasse		Non réglable
196	Inclinaison du pivot de fusée	degrés	
197	Inclinaison du pivot de fusée	degrés-1/100	
	Parallélisme AR	mm	2±3
	Parallélisme AR	degrés	0°20'±30'
	Parallélisme AR	degrés-1/100	0,33±0,50
	Réglage de pincement AR		Non réglable
	Carrossage AR	degrés	0°30'N±20'
	Carrossage AR	degrés-1/100	0,50N±0,33
	Réglage de carrossage AR		Non réglable

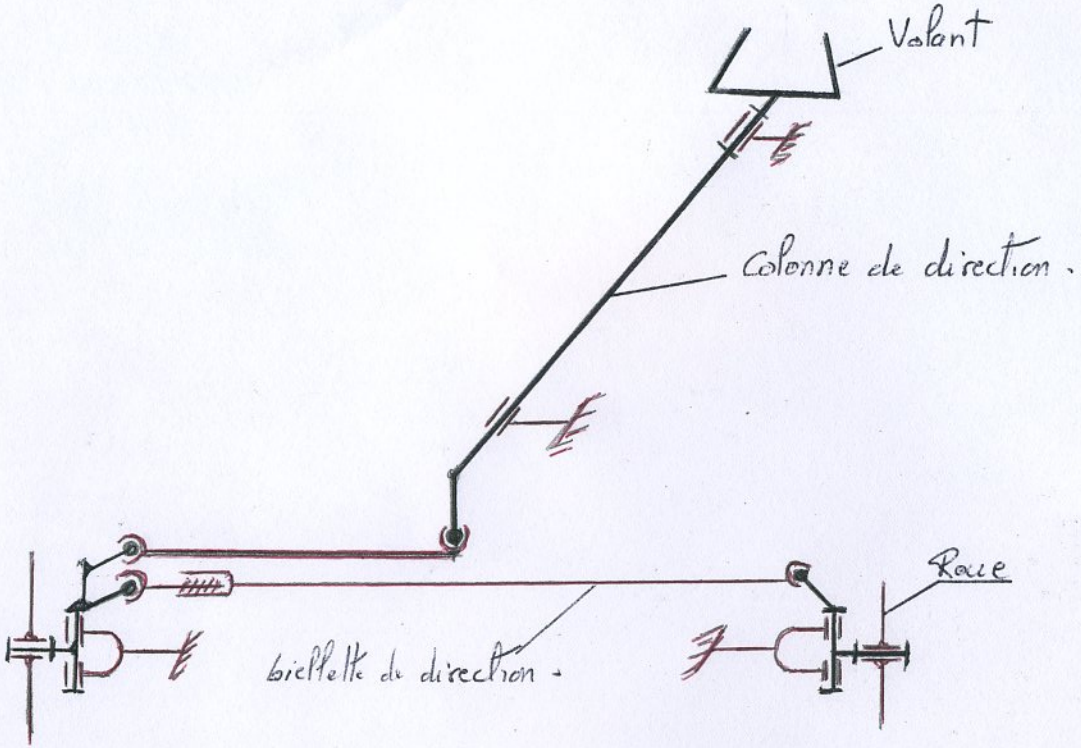
chasse : angle chasse donne un supplément d'adhérance





épure : sa sert à qu'aucune des roues ne ripe sur le sol dans un virage il faut que les 4 roues est le même centre de rotation.

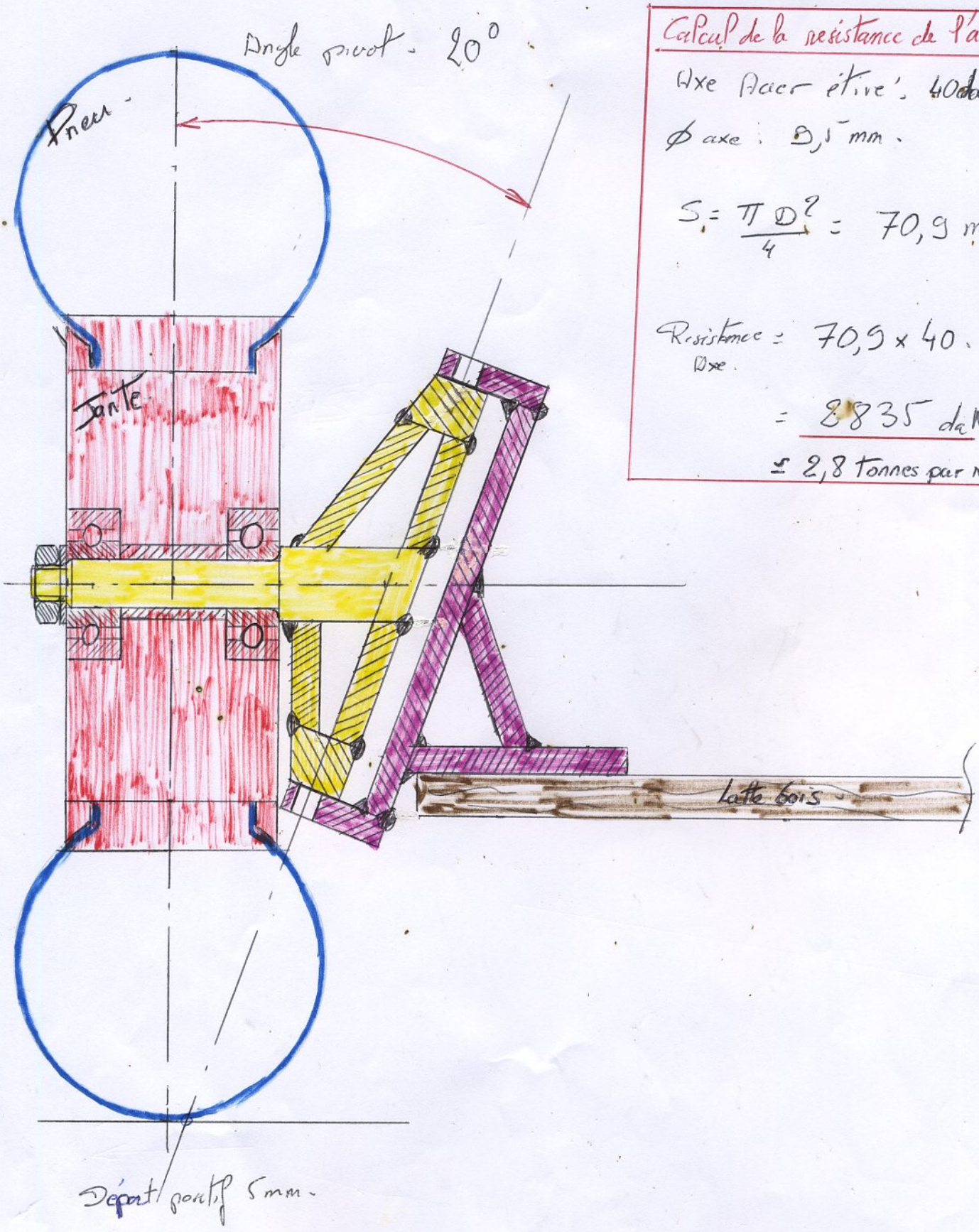
carrossage : le carrossage est l'angle entre la roue et le plan perpendiculaire au sol suivant l'axe longitudinale du véhicule.


Volant
Colonne de direction.
Roue
biellette de direction.

Ech: 1.

DÉPORT

Roulement 9.52 x 28.



Calcul de la résistance de l'axe.

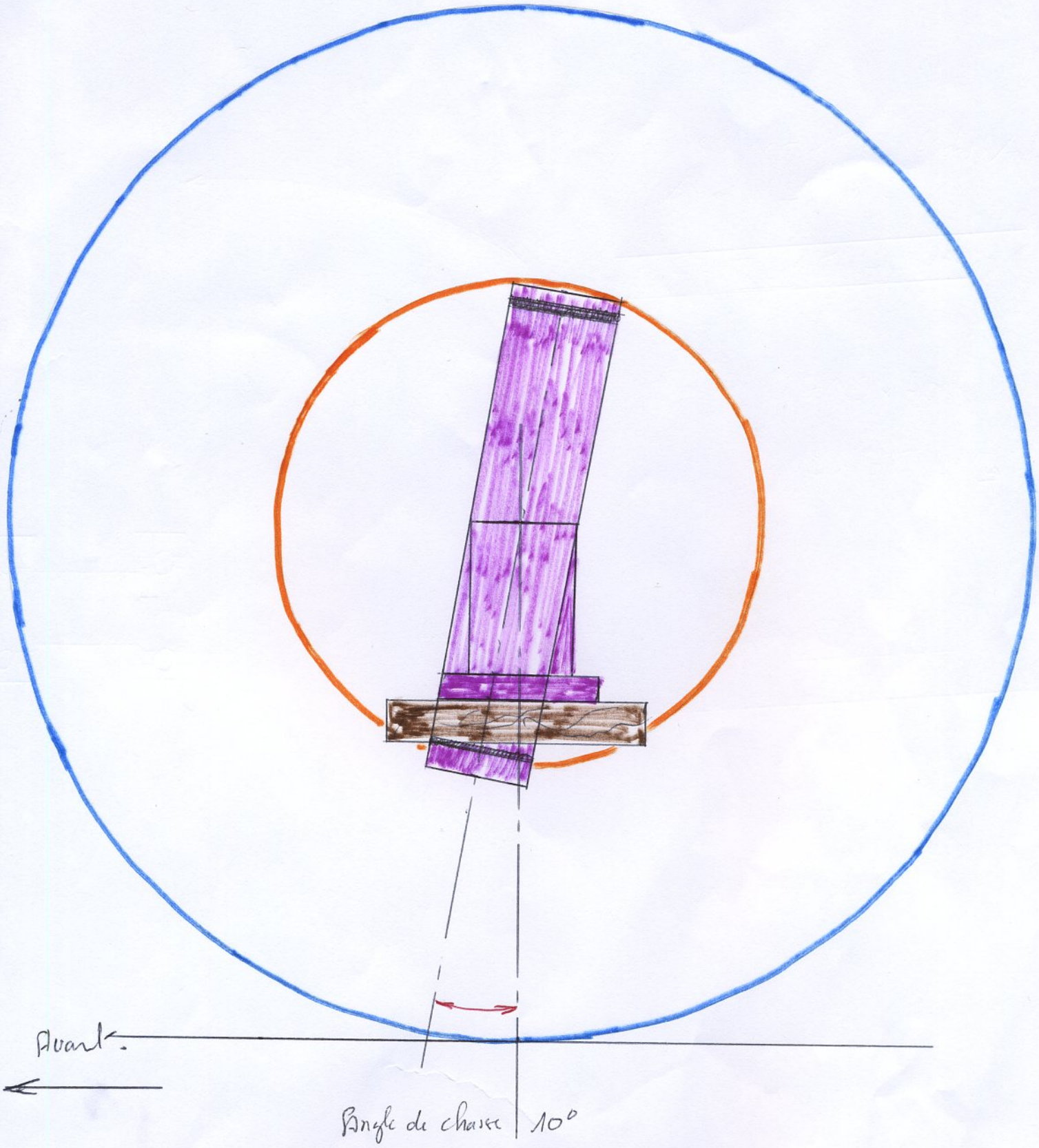
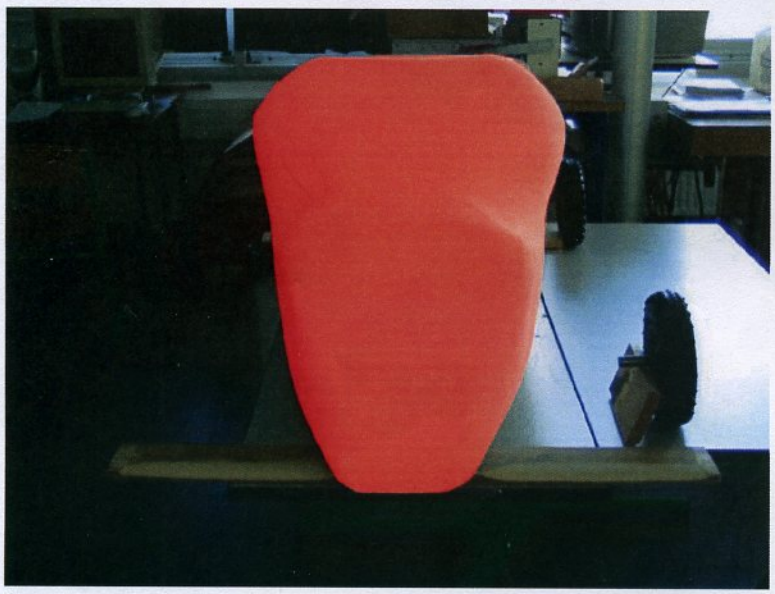
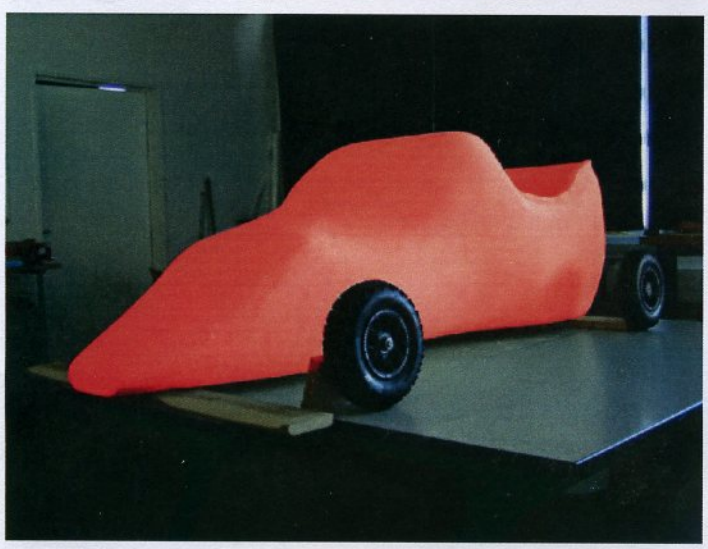
Axe Acier étiré: 40 daN/mm².

Ø axe: 9,5 mm.

$S = \frac{\pi D^2}{4} = 70,9 \text{ mm}^2$.

Résistance Axe = 70,9 x 40.

= 2835 daN ≈ kg.

≈ 2,8 tonnes par roue.

CHASSE