Véhicule un Joule

par Marc PLOUET
Collège François Mauriac - 68273 Wittenheim

1. INTRODUCTION

Le projet «véhicule un Joule» est un thème abordé en *première S dans le cadre de l'option sciences expérimentales, unité fluides et locomotion*.

Le but de ce projet est de mettre en place diverses notions du programme de première S à travers la construction d'un véhicule se déplaçant grâce à l'énergie produite par la chute d'une masse de cent grammes d'une hauteur d'un mètre.

Ce projet, présenté à Exposcience régionale 95 - Pays de la Loire, a reçu le premier prix catégorie innovation.

2. PRÉSENTATION DU VÉHICULE

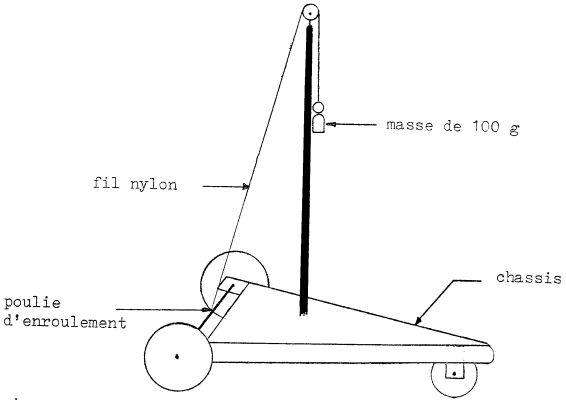


Figure 1

Il se présente dans la majorité des cas, chaque groupe d'élèves optant pour diverses solutions, sous la forme d'un véhicule à trois roues muni d'un mât.

Ce projet a donné lieu à quatre études indépendantes :

– Le châssis.
– Le lien châssis-roues.
– Les roues.
– L'entraînement des roues.

3. ÉTUDE DU CHÂSSIS (trois séances de 1,5 heures)

Cette étude a tourné autour de l'aérodynamisme, elle ne s'imposait pas à la vitesse à laquelle se déplace le véhicule (de 0,5 à 1 m/s), mais permet d'aborder cette notion sur un cas concret.

Ce thème nous a conduit à la fabrication d'une soufflerie, qui pour un prix modique (400 à 500 F.), nous a permis d'obtenir des résultats tout à fait corrects.

- ***Présentation de la soufflerie***

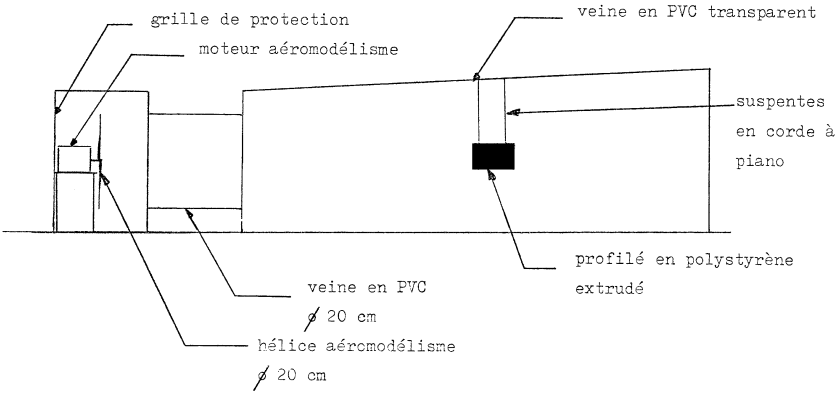


Figure 2

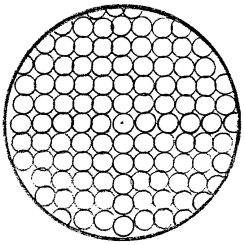


Figure 3 : L'intérieur de la veine en PVC de ∅ 20 cm peut être aménagé de tubes en carton pour améliorer l'écoulement laminaire.

- ***Évaluation du Cx (coefficient de pénétration dans l'air)***

Sous l'effet de l'écoulement, le profilé recule d'un angle α_t appelé angle de traînée (relevé à l'aide d'un rapporteur collé sur la paroi de la veine transparente), cet angle de recul est relié au Cx, à partir de la condition d'équilibre, par la relation :

$$Cx = \frac{2m\ g\ \tan\alpha_t}{S\ \rho\ V^2}$$

m : masse profilé.

S : maître couple du solide (surface perpendiculaire à l'écoulement).

ρ : masse volumique du fluide.

V : vitesse de l'écoulement.

Les profilés utilisés ont donc tous la même masse et le même maître couple. Le contrôle de la vitesse de l'écoulement a été effectué par étude stroboscopique.

- ***Résultats expérimentaux***

Profilé					
α_t	15°	14°	13°	10°	6°
$\tan\alpha_t$	$2{,}68.10^{-1}$	$2{,}49.10^{-1}$	$2{,}31.10^{-1}$	$1{,}76.10^{-1}$	$1{,}05.10^{-1}$

A la suite de cette étude, un groupe a opté, à partir d'une étude bibliographique pour un profilé de type «aile d'avion», l'étude en soufflerie de ce profilé leur a donné un angle de traînée de 1° soit $\tan\alpha_t = 1{,}75.10^{-2}$.

Le châssis du véhicule a donc été sculpté avec cette forme dans un bloc de polystyrène extrudé.

3. ÉTUDE DU LIEN CHÂSSIS-ROUE (trois séances de 1,5 heures)

Il s'agit ici de choisir les matériaux assurant le lien entre l'axe des roues et le châssis.

Cette étude nous a conduit à la construction d'un dispositif permettant de changer le matériau assurant cette fonction.

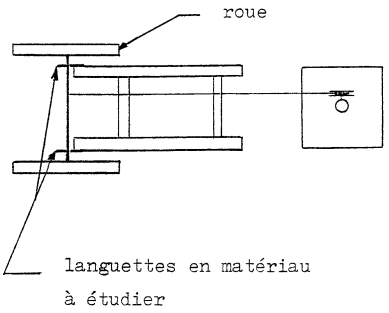


Figure 4

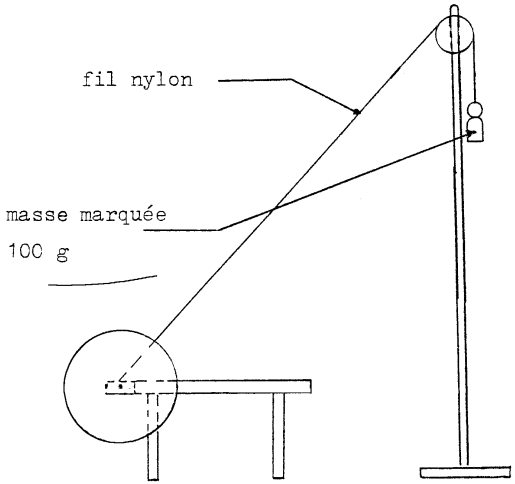


Figure 5

Le problème rencontré par les élèves était de réaliser un élancement standard des roues pour mesurer le temps de roulement du système.

L'élancement a été réalisé à l'aide d'une masse de 100 g tombant d'une hauteur d'un mètre.

- ***Résultats expérimentaux***

Nature du matériau	Bois	PVC	Aluminium	Fer	Cuivre
Temps de roulement	16 s	20 s	20 s	28 s	26 s

Certains de ces résultats peuvent paraître étonnants, mais il faut tenir compte de l'état de surface des perçages.

Ces résultats ne satisfaisant pas les élèves même après l'utilisation d'huile ou de graisse pour améliorer les résultats, plusieurs groupes nous ont demandé d'aménager un jeu le languettes avec des roulements à billes.

La mesure du temps de rotation avec des languettes équipées de roulements à billes nous a donné 225 s, cette solution a donc été retenue par ces groupes.

4. **LES ROUES (trois séances de 1,5 heures)**

Le problème rencontré par les élèves était de concilier différents impératifs quelques fois contradictoires :

– les roues doivent être de grand diamètre pour développer en un tour de roues la plus grande distance possible,

– les roues doivent avoir une faible inertie pour que le véhicule démarre facilement,

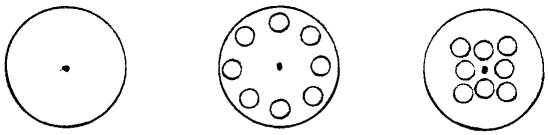
– les roues ne doivent pas être trop légères pour emmagasiner de l'énergie cinétique de rotation et permettre au véhicule de poursuivre sur son élan après décrochage de la masse, l'objectif premier étant de parcourir la plus grande distance possible.

Cette étude nous a conduit à réaliser trois jeux de roues :

– un jeu de roues pleines de masse m 1),

– un jeu de roues évidées au centre de masse m' 3),

– un jeu de roues évidées à la périphérie de masse m' 2).



1) 2) 3)

Figure 6

Les élèves ont recherché la masse minimale à suspendre à l'extrémité du fil pour permettre la mise en rotation des roues. Cette mesure permettra le calcul du moment minimal.

Cette étude a été réalisée en utilisant les languettes en fer et en évaluant l'influence de la lubrification sur le moment minimal.

• ***Résultats expérimentaux***

Nature des roues	Pleines	Évidées au centre	Évidées à la périphérie
Masse minimale à sec	90 g	55 g	75 g
Moment à sec	2,65 N.mm	1,65 N.mm	2,2 N.mm
Masse minimale avec huile	85 g	50 g	70 g
Moment avec huile	2,50 N.mm	1,47 N.mm	2,06 N.mm

Cette étude où le choix final n'est pas toujours facile à réaliser, a pour avantage de mettre en œuvre la notion de moment d'une force (seule la notion de couple de forces étant au programme du tronc commun). Les élèves ont fixé leur choix sur des roues à bâtons de diamètre de 26 cm.

5. L'ENTRAÎNEMENT DES ROUES (une séance de 1,5 heures)

Le choix proposé aux élèves était le suivant :

– utiliser une poulie simple pour le passage du fil (poulie sur roulement à billes de rendement égal à 99,3 %),

– utiliser une poulie double permettant de dérouler plus d'un mètre de fil à partir d'un mètre de chute de la masse.

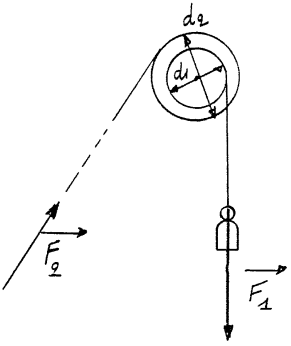


Figure 7

Après une étude théorique montrant l'intérêt de la poulie double, les élèves ont déterminer l'intensité de la force motrice $\overrightarrow{F_2}$ établissant l'expression : $\overrightarrow{F_2} = \frac{d_1}{d_2}\overrightarrow{F_2}$ et montrant que le moment résultant de l'action de $\overrightarrow{F_2}$ était dans la plupart des cas insuffisant pour permettre la mise en rotation des roues.

La solution retenue est donc une poulie simple, l'axe des roues étant muni d'un petit levier permettant un moment important mais très ponctuel afin de ne pas «gaspiller de fil».

Le véhicule réalisé à partir de cette étude a une masse à vide de 430 g (sans la masse de 100 g) et a parcouru la distance de 31,9 m sur un sol globalement plan. Il détient l'actuel record du lycée.