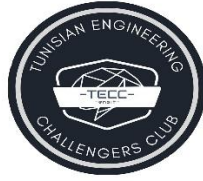




Ecole Nationale
Supérieure
d'Ingénieurs
de Tunis



Eco Shell Marathon

Bilan Des Forces Et Des Puissances

Elaboré par :

L'équipe TECC

ANNEE UNIVERSITAIRE

2023/2024

Table des Matières

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. Calcul d'accélération | 3 |
| 2. Calculs des forces | 3 |
| 2.1 Force d'inertie | 3 |
| 2.2 Force de roulement | 4 |
| 2.3 Force aérodynamique | 5 |
| 2.4 Force de gravité | 7 |
| 2.5 Bilan Des Forces | 7 |
| 3. Calculs des puissances | 8 |
| 4. Estimation du couple | 9 |

Table des Figures

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Figure 1 : schéma explicatif | 3 |
| Figure 2 : force d'inertie | 4 |
| Figure 3 : force de roulement | 4 |
| Figure 4 : Coefficient de roulement | 4 |
| Figure 5 : section frontale de notre véhicule | 5 |
| Figure 6 : Détermination de force de trainé | 5 |
| Figure 7 : force aérodynamique | 6 |
| Figure 8 : simulation aérodynamique de notre véhicule et l'interprétation de ces résultats est au niveau de rapport de la coque | 6 |
| Figure 9 : force de gravité | 7 |
| Figure 10 : Répartition des puissances par rapport au puissance total | 8 |
| Figure 11: schéma système de transmission | 9 |

1. Calcul d'accélération

La vitesse maximale imposée par le cahier de charge $V_{\max} = 30 \text{ km/h}$

$$V_{\max} = 8.333333 \text{ m s}^{-1}$$

On suppose que notre voiture fait son départ à l'origine de temps ($t=0$) et avec une vitesse nulle après une durée de 15 secondes notre voiture passe à son vitesse maximale $V_{\max} = 8.333333 \text{ m s}^{-1}$

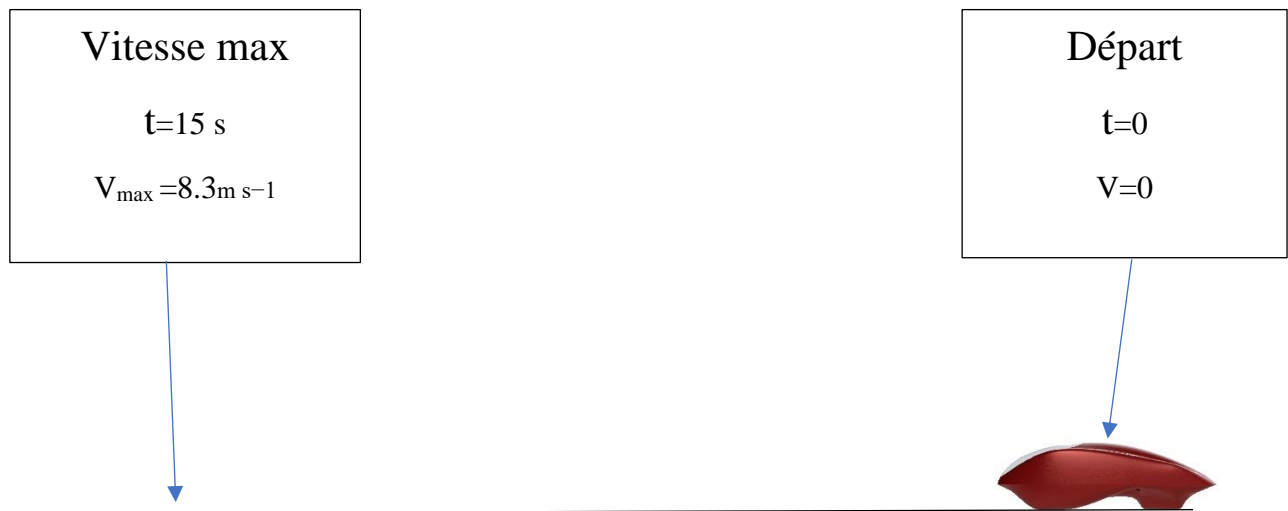


Figure 1 : schéma explicatif

$$\tau = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{8.3 - 0}{15 - 0} = 0.55 \text{ m/s}^2$$

τ : accélération

2. Calculs des forces

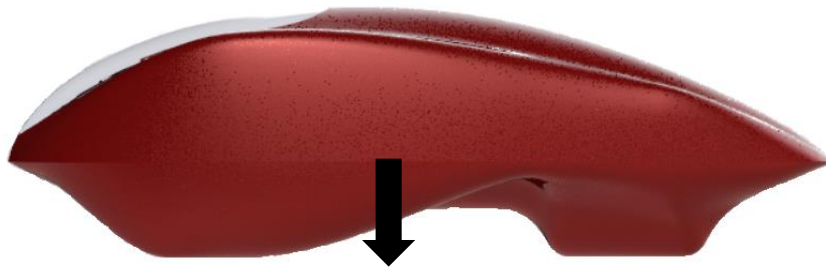
2.1 Force d'inertie

La voiture possède 3 Roues donc il faut diviser la masse totale sur les 3 roues. Mais pour plus de sécurité au niveau de calcul on mesure à travers la masse totale (voir Figure 2)

$$\text{Soit } M_{\text{totale}} = M_1 + M_2 = M_{\text{véhicule}} + M_{\text{pilote}}$$

$$\text{Soit } M_1 = 50 \text{ kg et } M_2 = 60 \text{ kg}$$

$$F_1 = M_{\text{totale}} * \tau = 110 * 0.55 = 61 \text{ N}$$



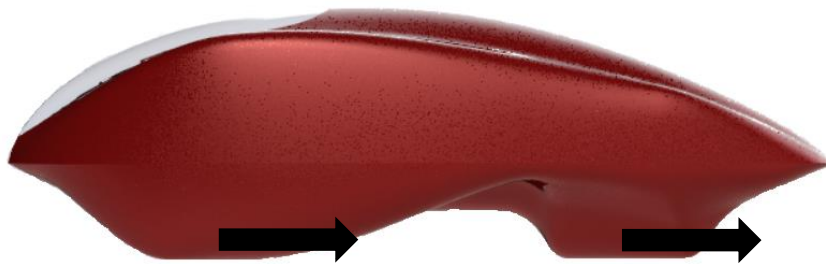
Force d'inertie

Figure 2 : force d'inertie

2.2 Force de roulement

La résistance au roulement du pneu est liée essentiellement à la déformation du pneu.

La résistance au roulement est l'une des forces qui s'opposent à l'avancement du véhicule.



Force de roulement

Figure 3 : force de roulement

$$F_2 = \delta * M_{\text{totale}} * g = 0.015 * 9.8 * 160 = 23.52 \text{ N}$$

δ : coefficient de roulement à déterminer d'après la Figure 3

| C_{rr} | Description |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,000 3 à 0,000 4 ¹ | Roue de chemin de fer en acier sur rail en acier (résistance au roulement pure) |
| 0,001 à 0,001 5 ² | Roulement à billes en acier durci sur acier |
| 0,001 0 à 0,002 4 ^{3,4} | Roue de chemin de fer en acier sur rail en acier. Wagon de passager environ 0.0020 ⁵ |
| 0,001 9 à 0,006 5 ⁶ | Roues en fonte de véhicules miniers sur rails en acier |
| 0,002 2 à 0,005 ⁷ | Pneus de bicyclette de production pour 8,3 bars et 50 km/h |
| 0,002 5 ⁸ | Pneus spéciaux éco-marathon |
| 0,005 | Rails sales de tramway (standard) avec et sans virages |
| 0,004 5 à 0,008 ⁹ | Pneus de grands camions |
| 0,005 5 ⁸ | Pneus BMX de bicyclettes typiques pour voitures solaires |
| 0,006 2 à 0,015 ¹⁰ | Mesure de pneus de voiture |
| 0,010 à 0,015 ¹¹ | Pneus de voitures ordinaires sur béton |
| 0,038 5 à 0,073 ¹² | Diligence (xx ^e siècle) sur une route sale. Neige molle sur la route dans le pire cas |
| 0,3 ¹¹ | Pneus de voitures ordinaires sur sable |

Le coefficient C_{rr} désigne le coefficient de résistance au roulement (anglais : rolling resistance coefficient). La force de résistance constante s'élève à

$$F_R = C_{rr} \cdot m \cdot g$$

où m est la masse du véhicule et g correspond à la gravité terrestre.

Figure 4 : Coefficient de roulement

2.3 Force aérodynamique

La force aérodynamique ou trainée est donnée par :

$$F_3 = \frac{1}{2} \rho * S * C * V^2$$

ρ : Densité de l'air

S : Section frontale de notre véhicule

C : force de trainée à déterminer à partir la Figure 4 (pour une meilleur forme aérodynamique $c=0.04$ mais pour plus de sécurité en prend $C=0.075$)

V : Vitesse relative



Figure 5 : section frontale de notre véhicule

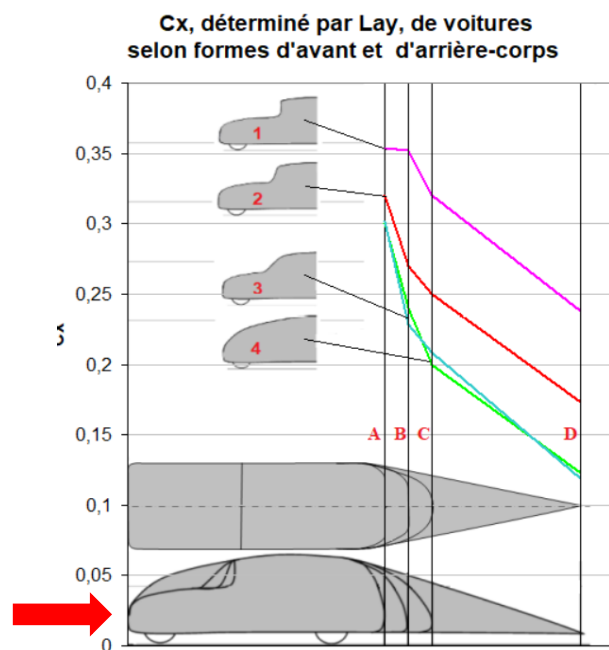


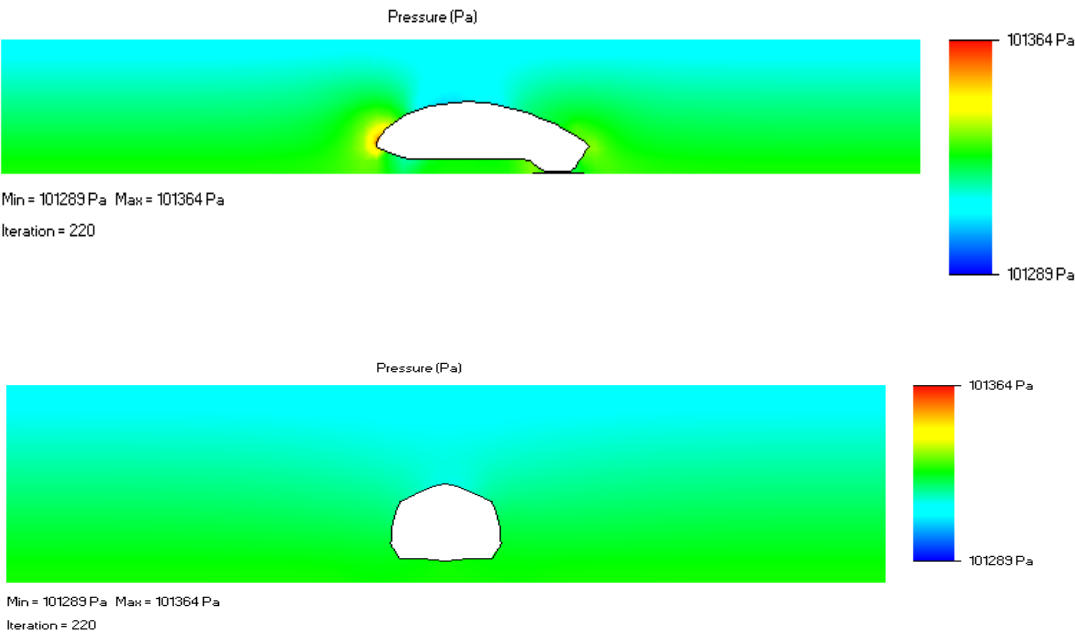
Figure 6 : Détermination de force de trainée

$F_3=0.5*1.225*0.3*0.075*8.3^2= 0.95 \text{ N}$



Force aérodynamique

Figure 7 : force aérodynamique



| | | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
| GG Av Heat Flux 1 | 0 W/m^2 | Achieved (IT = 55) | 0 W/m^2 | 0 W/m^2 |
| GG Av Shear Stress (X) 1 | 0.00112177 Pa | 64% | 3.99278e-05 Pa | 0.00106272 Pa |
| GG Av Shear Stress (Y) 1 | 0.00181032 Pa | Achieved (IT = 176) | 0.000128407 Pa | 0.00175786 Pa |
| GG Av Shear Stress (Z) 1 | -0.0690971 Pa | Achieved (IT = 87) | 0.00211939 Pa | -0.0693851 Pa |
| GG Av Shear Stress 1 | 0.0735571 Pa | Achieved (IT = 87) | 0.00214516 Pa | 0.0738555 Pa |
| GG Av Turbulent Energy 1 | 0.00157276 J/kg | Achieved (IT = 211) | 4.70168e-05 J/kg | 0.00156683 J/kg |
| GG Av Turbulent Viscosity 1 | 0.000104708 Pa*s | Achieved (IT = 98) | 2.03188e-06 Pa*s | 0.000104744 Pa*s |
| GG Av Velocity (X) 1 | 0.00612168 m/s | 62% | 0.000179474 m/s | 0.00596691 m/s |
| GG Av Velocity (Y) 1 | 0.00095074 m/s | 83% | 0.000189326 m/s | 0.000966974 m/s |
| GG Av Velocity (Z) 1 | -8.29662 m/s | Achieved (IT = 88) | 0.000846646 m/s | -8.29687 m/s |
| GG Force (X) 1 | -1.10268 N | 59% | 0.0294905 N | -1.0669 N |
| GG Force (Y) 1 | 15.5301 N | Achieved (IT = 65) | 0.214411 N | 15.5585 N |
| GG Force (Z) 1 | -3.25799 N | Achieved (IT = 56) | 0.222556 N | -3.25553 N |
| GG Friction Force (X) 1 | 0.00635233 N | 64% | 0.000226101 N | 0.00601792 N |
| GG Friction Force (Y) 1 | 0.0102514 N | Achieved (IT = 176) | 0.00072714 N | 0.00995434 N |
| GG Friction Force (Z) 1 | -0.39128 N | Achieved (IT = 87) | 0.0120016 N | -0.392911 N |
| GG Friction Force 1 | 0.391466 N | Achieved (IT = 87) | 0.0119965 N | 0.393085 N |
| GG Normal Force (X) 1 | -1.10904 N | 60% | 0.0296349 N | -1.07292 N |
| GG Normal Force (Y) 1 | 15.5199 N | Achieved (IT = 65) | 0.214175 N | 15.5486 N |
| GG Normal Force (Z) 1 | -2.86671 N | Achieved (IT = 55) | 0.223425 N | -2.86262 N |
| GG Normal Force 1 | 15.8213 N | Achieved (IT = 55) | 0.271278 N | 15.8465 N |
| GG Torque (X) 1 | -6.98196 N*m | Achieved (IT = 83) | 0.0620971 N*m | -7.01669 N*m |
| GG Torque (Y) 1 | -0.214486 N*m | Achieved (IT = 85) | 0.0177757 N*m | -0.211432 N*m |
| GG Torque (Z) 1 | 0.273379 N*m | Achieved (IT = 174) | 0.00411264 N*m | 0.28388 N*m |

Figure 8 : simulation aérodynamique de notre véhicule et l'interprétation de ces résultats est au niveau de rapport de la coque

2.4 Force de gravité

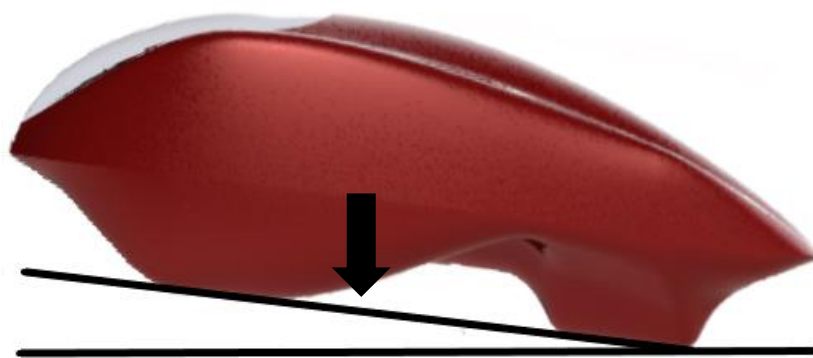
Les forces de gravité, F_g , n'entrent en jeu que si la route parcourue présente des pentes. Les forces de gravité sont d'autant plus grandes que la pente est forte et que la masse du véhicule grande.

$$F_4 = M_{\text{totale}} g \sin \alpha = 110 * 9.81 * \sin (2) = 38 \text{ N}$$

M_{totale} : masse totale en Kg

g : l'accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2)

α : l'angle de la pente en degré



■ Force de gravité

Figure 9 : force de gravité

2.5 Bilan Des Forces

| | Forces | Valeurs(N) |
|-------|-----------------------------------|------------|
| F_1 | Force de la masse de la verticale | 61 |
| F_2 | Force de roulement | 23.52 |
| F_3 | Force aérodynamique | 0.95 |
| F_4 | Force de gravité | 38 |

3. Calculs des puissances

$$P_1 = F_1 \cdot V = 61 \cdot 8.3 = 506.3 \text{ w}$$

$$P_2 = F_2 \cdot V = 23.52 \cdot 8.3 = 195.21 \text{ w}$$

$$P_3 = F_3 \cdot V = 0.95 \cdot 8.3 = 7.885 \text{ w}$$

$$P_4 = F_4 \cdot V = 38 \cdot 8.3 = 315.4 \text{ w}$$

$$P = \sum p_i = P_1 + P_2 + P_3 = 506.3 + 195.21 + 7.885 + 315.4 = 1025 \text{ w}$$

Conclusion : la puissance maximale Estimé est 1025 w.

Puisque notre système de transmission est pignon et chaine
($90\% < \eta < 95\%$)

Pour $\eta = 90\%$

$$\eta = \frac{P_s}{P_m} \rightarrow P_m = \frac{P_s}{\eta} = \frac{1025}{0.9} = 1139 \text{ w}$$

Donc un moteur de 1200 est suffisant

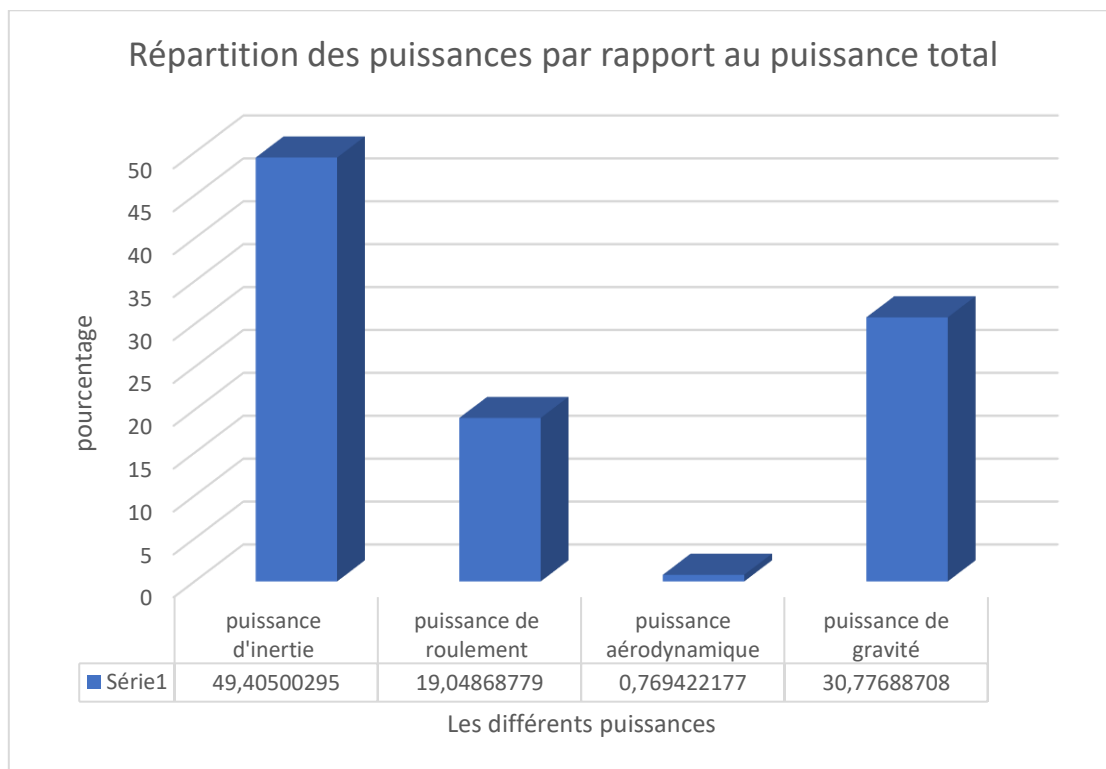


Figure 10 : Répartition des puissances par rapport au puissance total

4. Estimation du couple

$$P_s = C_s \times \Omega_s \quad \text{Avec } \Omega_s = \frac{2\pi N}{60} \quad \text{et } V = Rr \times \Omega_s$$

Pour une Roue de diametre 20 pouces (D=508 mm)

et V=8300 mm/s

$$\Omega_s = \frac{V}{R} = \frac{8300}{254} = 30.18 \text{ Rad/s}$$

$$C_{Rr \max} = \frac{P}{\Omega} = \frac{1025}{30.18} = 34 \text{ N.m}$$

Pour calculer le couple de démarrage il faut éliminer la force de gravité donc le couple de démarrage est :

$$C_{Rr \max} = \frac{P}{\Omega} = \frac{709.6}{30.18} = 23.51 \text{ N.m}$$

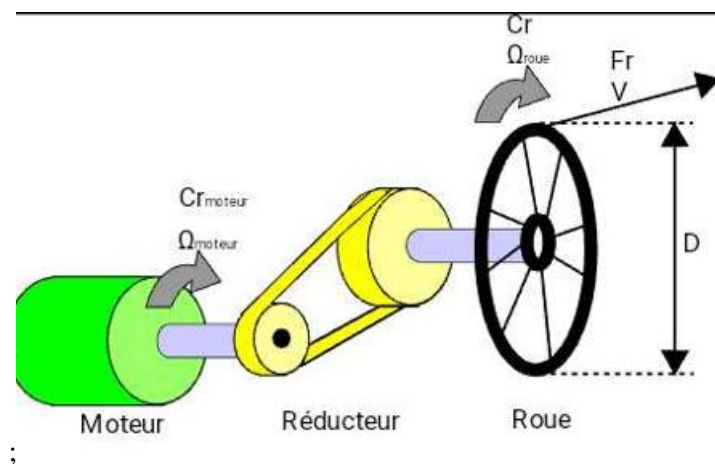


Figure 11: schéma système de transmission