



Vélo à Assistance Electrique Interactif

ETUDE MECANIQUE GLOBALE



Société DMS

Aéroparc Saint Martin – 12 rue de caulet – 31300 TOULOUSE – ☎ : + 33 (0)5 62 88 72 72 📠 : + 33 (0)5 62 88 72 79

Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

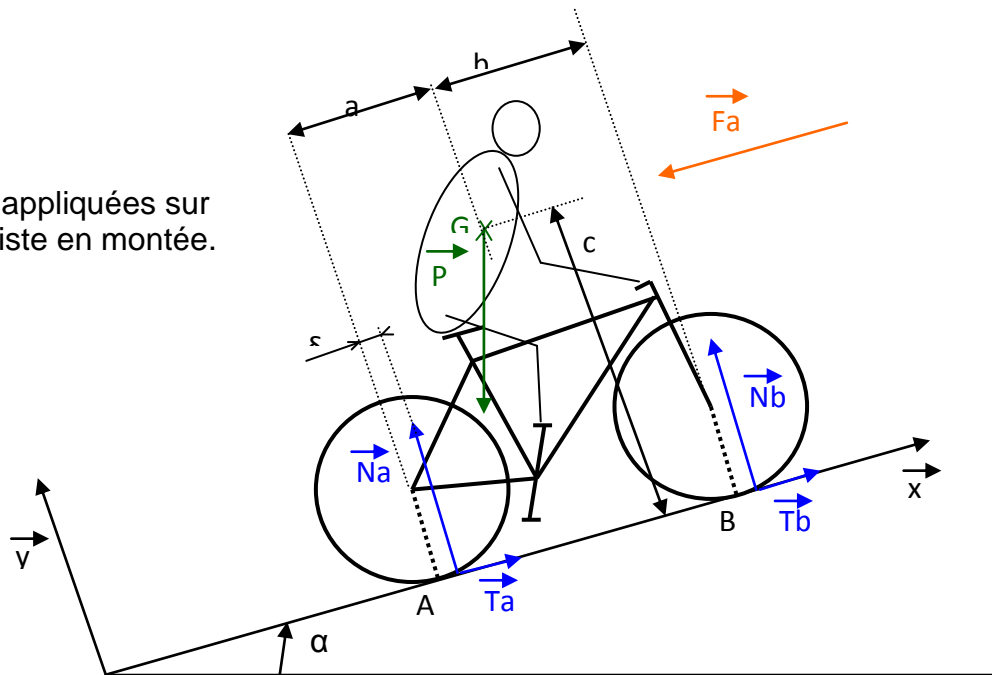
Ce document et les logiciels fournis sont protégés par les droits de la propriété intellectuelle et ne peuvent pas être copiés sans accord préalable écrit de DMS.
Copyright DMS 2011



ETUDE MECANIQUE

On s'intéresse au déplacement d'un cycliste sur une pente d'angle α représenté sur le schéma ci-dessous.

Figure 1 : Forces appliquées sur un cycliste en montée.



Nous allons modéliser le déplacement du cycliste à partir des paramètres du mouvement afin d'identifier les besoins en couple et en puissance du moyeu de la roue arrière.

On fera les hypothèses d'un roulement sans glissement et on négligera les moments d'inertie des deux roues.

La résistance à l'avancement sera modélisé par le déplacement δ du point d'application de l'action du sol sur la roue, créant un couple antagoniste indépendant de la vitesse ramené sur la roue arrière.

Liste des paramètres qui influent sur le déplacement :

| | |
|----------|--|
| M | Masse de l'ensemble (cycliste + chargement + bicyclette) |
| g | Accélération de l'apesanteur de $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ |
| Dr | Diamètre de la roue |
| δ | Coefficient de roulement des roues |
| α | Angle d'inclinaison de la route par rapport à l'horizontale |
| Cx | Coefficient de pénétration dans l'air de l'ensemble (cycliste + chargement + bicyclette) |
| ρ | Masse volumique de l'air |
| S | Surface normale à la direction du déplacement |
| V | Vitesse dans la direction de la route de l'ensemble (cycliste + chargement + bicyclette) |

On souhaite déterminer la puissance nécessaire au déplacement du cycliste. Pour cela il faut identifier le couple appliqué à la roue arrière.



1 Recherche du couple appliqué sur la roue arrière

On écrit :

_le PFD au (vélo + roues + cycliste) en projection sur l'axe \vec{x}

$$- M.g.\sin \alpha + T_a + T_b - F_a = M \cdot dv/dt$$

_le PFD (au vélo + roues + cycliste) en projection sur l'axe \vec{y}

$$- M.g \cdot \cos \alpha + N_a + N_b = 0$$

_en supposant que \vec{F}_a s'applique en aussi en G et en négligeant δ devant a ou b, le PFD appliqué au (vélo + roues + cycliste) en moment et en projection sur l'axe \vec{z} donne

$$N_a \cdot a + T_b \cdot c + T_a \cdot c = N_b \cdot b$$

_le PFD appliqué à la roue arrière en moment/centre sur \vec{z}

avec C_m le couple moteur appliqué à la roue arrière

J le moment d'inertie de la roue

Ω la vitesse de rotation de la roue

$$-C_m + \delta \cdot N_b + (D_r/2) \cdot T_b = J \cdot (D\Omega/dt)$$

_le PFD appliqué à la roue avant en moment/centre sur \vec{z}

$$\delta \cdot N_a + (D_r/2) \cdot T_a = J \cdot (D\Omega/dt)$$

Remarque : sans glissement la vitesse est $V = \Omega \cdot (D_r/2)$

En régime permanent (vitesse constant du cycliste), on annule les termes d'accélération et on obtient :

$$- M.g.\sin \alpha + T_a + T_b - F_a = 0$$

$$- M.g \cdot \cos \alpha + N_a + N_b = 0$$

$$-C_m + \delta \cdot N_b + (D_r/2) \cdot T_b = 0$$

$$N_a \cdot a + T_b \cdot c + T_a \cdot c = N_b \cdot B$$

$$\delta \cdot N_a + (D_r/2) \cdot T_a = 0$$



On peut extraire de ces relations l'expression de T_b et de N_b afin de déterminer C_m

$$N_b = \{M.g.\cos\alpha \cdot a + (M.g.\sin\alpha + F_a).c\} / (a+b)$$

$$T_b = M.g.\sin\alpha + F_a + \delta \cdot (2/Dr) \cdot \{(M.g.\cos\alpha).b - (M.g.\sin\alpha + F_a).c\} / (a+b)$$

$$\text{Avec } C_m = \delta \cdot N_b + (Dr/2) \cdot T_b$$

On obtient l'expression du couple moteur C_m

$$C_m = (Dr/2) \cdot (M.g.\sin\alpha + F_a) + M.g.\delta.\cos\alpha$$

Avec la résistance à l'avancement de l'air $F_a = (C_x.\rho.S.V^2) / 2$

$$\mathbf{C_m = (Dr / 2) \cdot M.g.\sin\alpha + (Dr / 4) \cdot C_x.\rho.S. V^2 + M.g.\delta.\cos\alpha}$$

Ces équations restent vraies dans la limite du roulement sans glissement.

2 Expression de la puissance à fournir sur la roue arrière

$$\text{Avec } V = \Omega \cdot (Dr/2)$$

$$P_m = C_m \cdot \Omega$$

$$\text{On obtient } \mathbf{P_m = 2 \cdot C_m \cdot (V / Dr)}$$

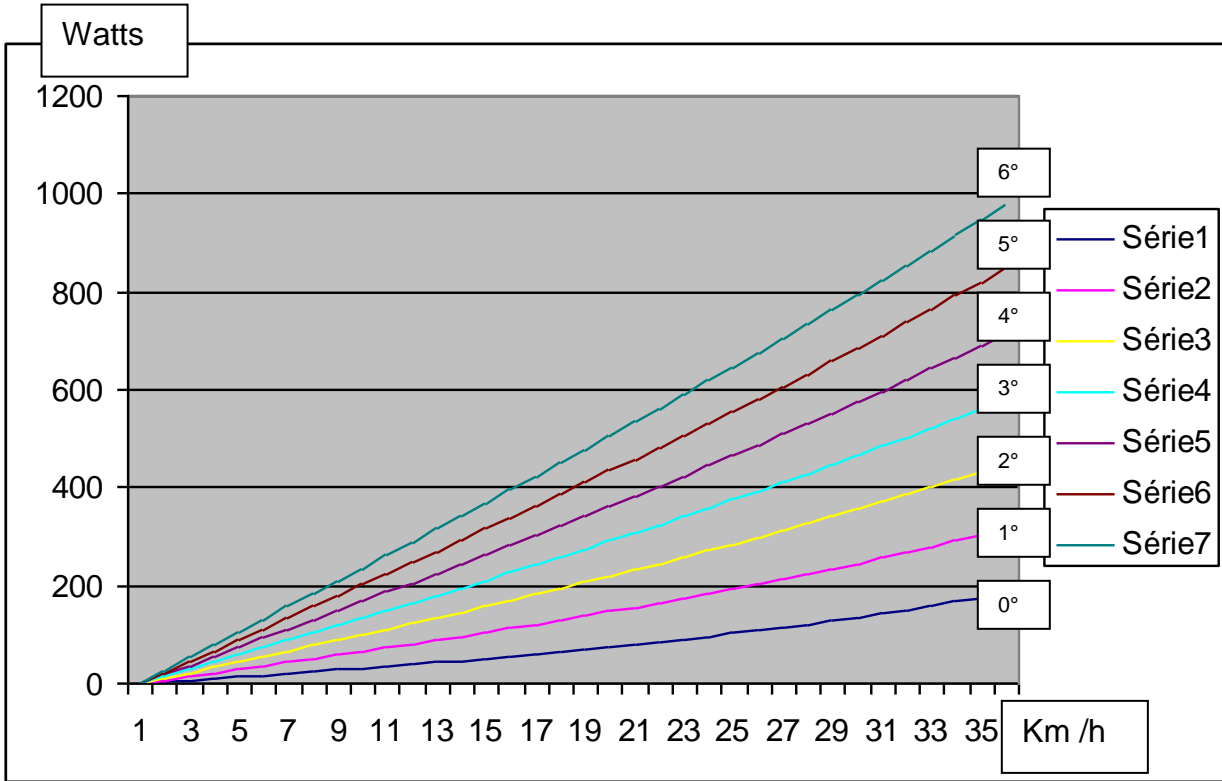
Ces relations permettent de tracer l'abaque des puissances nécessaires pour une vitesse donnée, paramétrées en fonction de la pente.

Valeur des paramètres utilisés

| | |
|----------------|-------------------------|
| M | 80 kg |
| g | 9,81 m.s ⁻² |
| Dr | 650 mm |
| δ | 0,005 m |
| α | 0° à 6° |
| C _x | 0,35 |
| ρ | 1,22 kg.m ⁻³ |
| S | 0,35 m ² |
| V | 0 à 35 km /h |



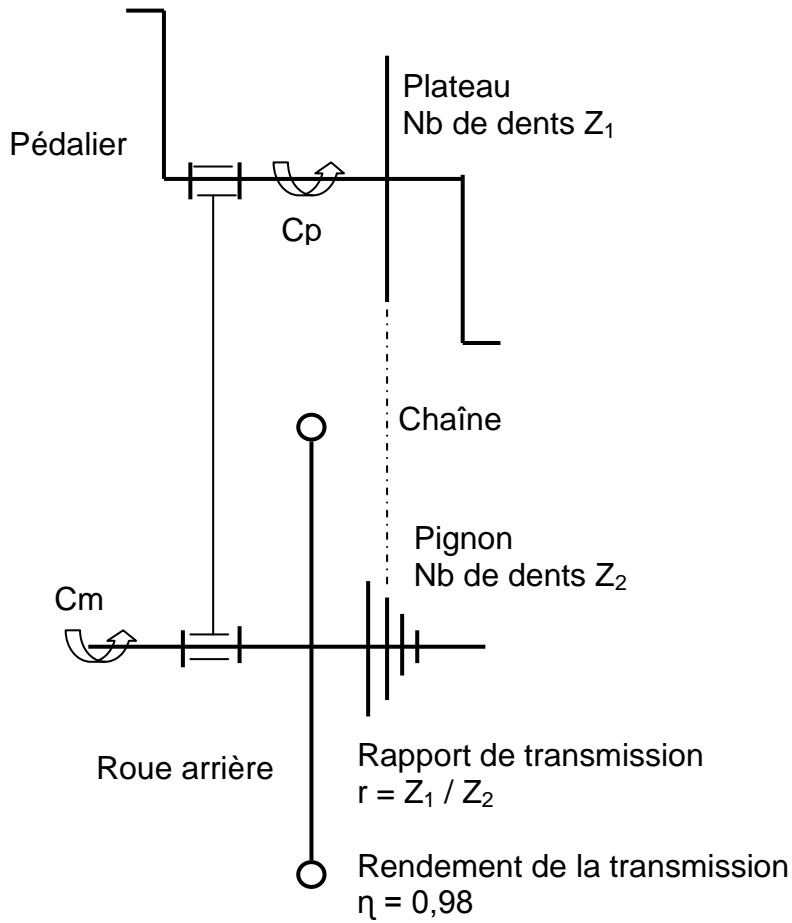
Abaque des puissances nécessaires pour une vitesse donnée, paramétrées en fonction de la pente (pente de 0° à 6°).





3 Recherche du couple appliqué sur l'axe du pédalier par le cycliste sans assistance électrique

Schéma de la transmission par chaîne



Expression du couple nécessaire sur le pédalier sans assistance électrique

$$C_p = C_m \cdot (Z_1 / Z_2) \cdot (1 / \eta)$$

4 Expression de la puissance à fournir par le cycliste sans assistance électrique

Avec P_c : puissance à fournir par le cycliste
 P_m : puissance nécessaire à la roue arrière
 η : rendement de la transmission par chaîne

$$P_c = P_m / \eta$$



5 Expression du couple fourni par le cycliste sur l'axe du pédalier

Hypothèse : effort du cycliste vertical et constant.

Avec C_p : couple sur l'axe du pédalier

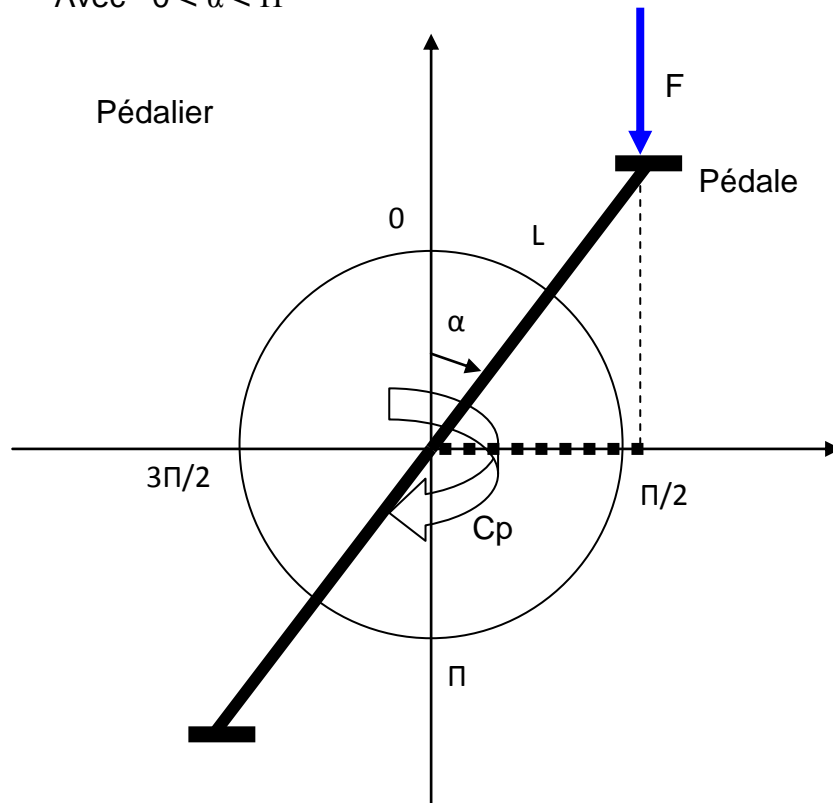
F : effort du cycliste sur la pédale

L : longueur de la manivelle

α : angle de rotation de la manivelle

$$C_p = F L \sin \alpha$$

Avec $0 < \alpha < \Pi$



Allure du couple pour un tour complet du pédalier

Couple fourni par le cycliste sur le pédalier

