

PUISSANCE À FOURNIR PAR UN CYCLISTE

L'objet de ce document n'est pas de détailler l'étude mécanique qui aboutit à la détermination de la puissance à fournir par un cycliste en **mouvement uniforme** (étude théorique qui peut être faite aisément par ailleurs) mais de donner des valeurs qui sont couramment utilisées par les cyclistes eux-mêmes afin d'optimiser leur matériel et leurs performances.

Cette puissance a été mise sous la forme d'une somme de différents termes afin de pouvoir évaluer leur valeur relative et de les comparer : $P = P_a + P_f + P_r + P_g$ où :

P_a est la puissance à fournir pour vaincre la résistance de l'air ;

P_f est la puissance à fournir pour vaincre les frottements mécaniques ;

P_r est la puissance à fournir pour vaincre le roulement des roues sur le sol ;

P_g est la puissance à fournir pour vaincre la résistance due à la gravité (pente).

Puissance à fournir pour vaincre la résistance de l'air

La résistance de l'air est égale à : $R_a = \frac{1}{2} \rho SCx V^2$ (en N) avec :

ρ : masse volumique de l'air (en kg.m^{-3}) (voir tableau ci-après) ;

SCx : coefficient de profil aérodynamique (voir valeurs ci-dessous) ;

V : vitesse relative du cycliste par rapport à l'air (en m.s^{-1}).

Coefficient de profil aérodynamique SCx

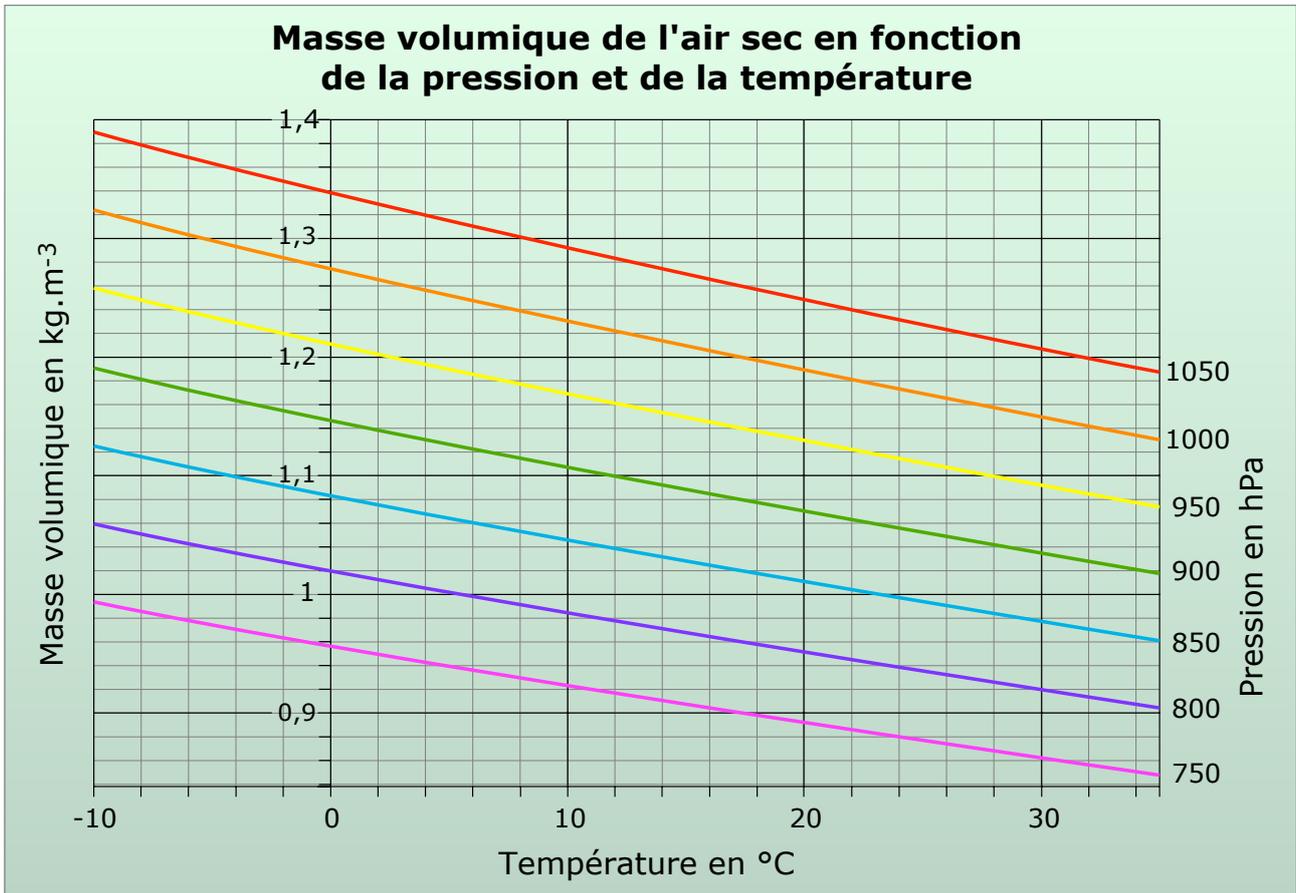
La résistance de l'air est proportionnelle à la surface frontale du cycliste S (maître couple) et au coefficient de forme aérodynamique Cx .

Le produit de ces deux éléments définit le coefficient de pénétration SCx . Ce coefficient dépend essentiellement de la position du cycliste, le vélo intervenant pour moins de 10% :

Position du cycliste	Valeur de SCx	
Cycliste traditionnel avec bras tendus	0,40	
Cycliste traditionnel avec bras fléchis	0,35	
Cycliste traditionnel avec bras en bas du guidon	0,30	
Cycliste "contre la montre"	0,25	

Masse volumique de l'air

La résistance de l'air est proportionnelle à la masse volumique de l'air ρ qui dépend des conditions atmosphériques. Celle-ci est d'autant plus faible qu'il fait chaud ou que la pression atmosphérique est basse, comme le montre le graphe de la page suivante.



La puissance à fournir pour vaincre la résistance de l'air est donc égale à :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho S C_x V^3$$

Puissance à fournir pour vaincre les frottements mécaniques

Les frottements dépendent des diverses pièces en mouvement, c'est-à-dire des roues, du pédalier, de la transmission par chaîne, du dérailleur et des moyeux.

Résistance au frottement de l'air due au profil de la roue

De tous les frottements, c'est celui dû au profil de la roue qui est le plus important. La résistance correspondante vaut : $R_{fr} = C_{fr} V^2$ (en N)

On prend en compte un coefficient de friction dû au profil de roue C_{fr} qui détermine l'efficacité des roues selon leur conception (moyeu, rayons, jante). Pour des roues de dimension standard (700 x 23C), on peut utiliser les valeurs du tableau suivant :

Type de roue	Valeur de C_{fr}			
Roues de bas de gamme	0,0030			
Roues de bonne qualité	0,0027			
Roues de haut de gamme	0,0024			

Résistance au frottement des autres organes mécaniques

La résistance due au frottement des autres organes mécaniques vaut :

$$R_{fm} = C_{fm} (M_c + M_v) g \text{ (en N) avec :}$$

C_{fm} : coefficient lié au type du vélo ;

M_c : masse du cycliste (en kg) ;

M_v : masse du vélo (en kg) ;

g : accélération de la pesanteur (en m.s⁻²).

Type de vélo	Valeur de C_{fm}
Vélo bien entretenu	0,010
Vélo haut de gamme très bien réglé et entretenu	0,008

La puissance à fournir pour vaincre les frottements mécaniques est donc égale à :

$$P_f = C_{fr} V^3 + C_{fm} (M_c + M_v) g V$$

Puissance à fournir pour vaincre le roulement des roues sur le sol

Le contact des roues sur le sol requiert une adhérence suffisante pour éviter les chutes et en conséquence génère une résistance au roulement R_r qui est proportionnelle au poids total. Ce poids dépend de la masse du cycliste M_c , de la masse du vélo M_v et de l'accélération de la pesanteur g .

Le coefficient de roulement C_r détermine l'adhérence des roues sur le sol et dépend de la nature du sol (asphalte, ciment, etc.) et du type de pneus (constitution, forme, dimension). Pour des roues standards (700 x 23C), on peut considérer que :

Nature du sol	Valeur de C_r	
Route en asphalte en mauvais état	0,005	
Route en asphalte en bon état (route normale)	0,004	
Route en asphalte très lisse	0,003	
Piste en ciment lisse	0,002	

La résistance de contact des roues sur le sol a pour expression :

$$R_r = C_r (M_c + M_v) g \text{ (en N)}$$

La puissance à fournir pour vaincre le roulement des roues sur le sol est donc égale à :

$$P_r = C_r (M_c + M_v) g V$$

Puissance à fournir pour vaincre la résistance due à la gravité

Pour un cycliste, la gravité agit sur la vitesse avec un effet négatif en montée ou positif en descente.

La résistance due à la gravité est égale à :

$$R_g = (M_c + M_v) g \sin(\arctan(p)) \text{ où :}$$

p : pente de la route (en %).

La puissance à fournir pour vaincre la résistance due à la gravité est égale à :

$$P_g = (M_c + M_v) g V \sin(\arctan(p))$$



Conclusion

En définitive, l'expression complète de la puissance à fournir par le cycliste est donc :

$$P = \left(\frac{1}{2} \rho SCx + C_{fr} \right) V^3 + (M_c + M_v) [C_{fm} + C_r + \sin(\arctan(p))] g V$$

Exemple

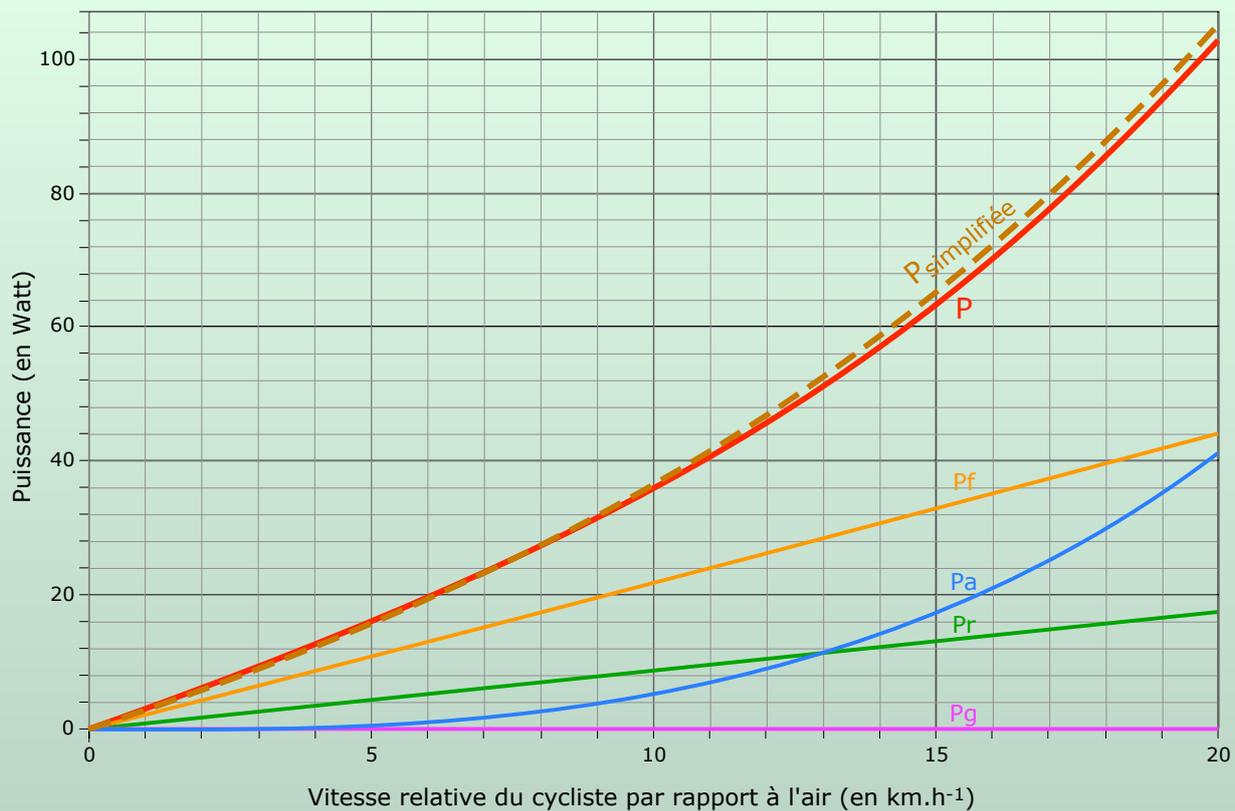
Les graphes ci-après donnent une idée de la puissance totale et de l'importance relative des différents termes **en fonction de la vitesse exprimée en km.h⁻¹**, pour des pentes de 0%, 5% et 10% et pour les valeurs suivantes :

Masse du cycliste :	$M_c = 70 \text{ kg}$
Masse du vélo :	$M_v = 10 \text{ kg}$
Masse volumique de l'air :	$\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$
Coefficient de profil aérodynamique :	$SCx = 0,4$
Coefficient de friction dû au profil de roue :	$C_{fr} = 0,003$
Coefficient de friction des pièces mécaniques :	$C_{fm} = 0,01$
Coefficient de roulement :	$C_r = 0,004$
Accélération de la pesanteur :	$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

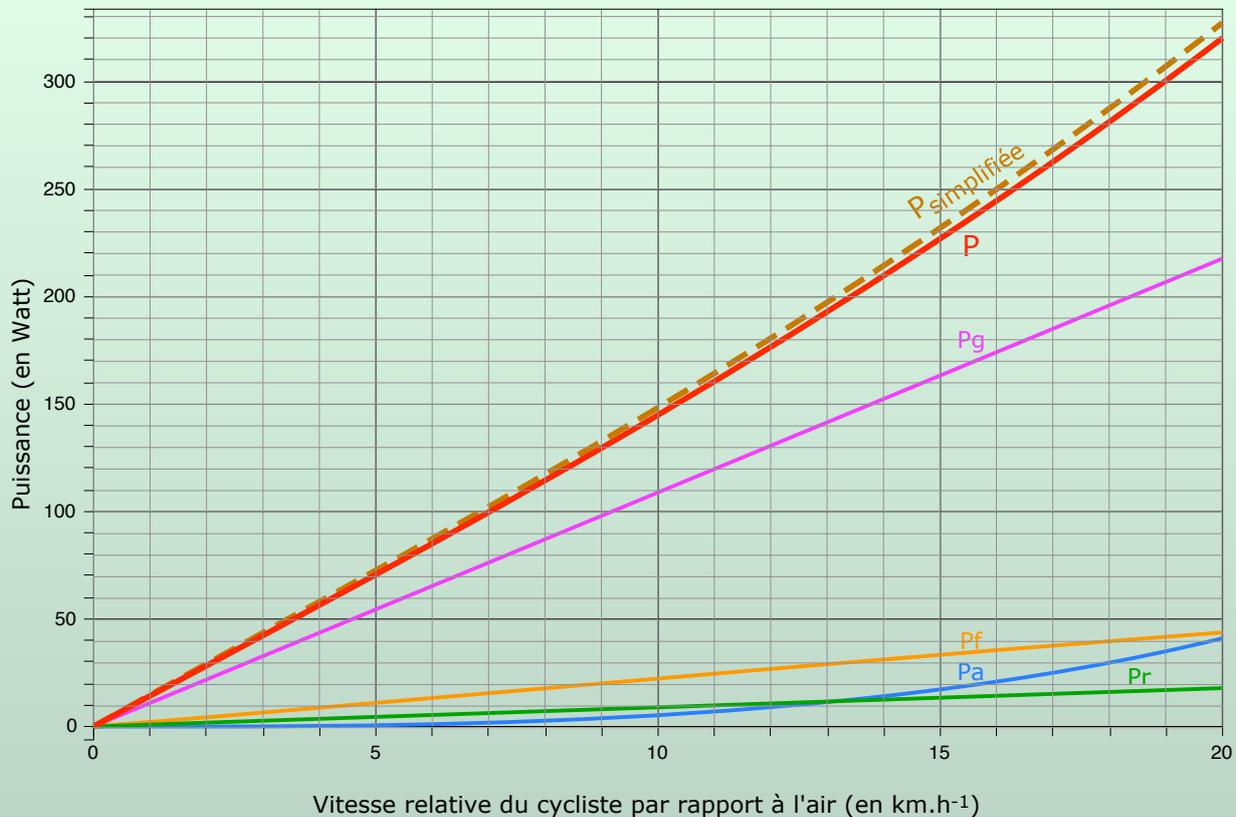
À partir de ces valeurs, et pour des pentes faibles, on peut aussi donner une expression simplifiée de cette puissance (*en trait interrompu marron sur le graphe*) :

$$P_{\text{simplifiée}} = 0,25 V^3 + (0,14 + 10 p) (M_c + M_v) V$$

Masse totale déplacée 80 kg, pente 0%



Masse totale déplacée 80 kg, pente 5%



Masse totale déplacée 80 kg, pente 10%

