

UNE MÉTHODE SIMPLE DE MESURE DES RESISTANCES AERODYNAMIQUE ET DE ROULEMENT EN CYCLISME.

CANAU R¹, GRAPPE F¹, MÉNARD M², BITANGA E¹, BUSO T³, BONNEFOY R⁴, ROUILLON JD¹

1 UFR STAPS, Université de Besançon ; 2 Institut Aéro-technique S_T Cyr, Paris ; 3 Laboratoire de Physiologie, GIP Exercice ST Etienne, 4 EIP, Jonzieux, France

INTRODUCTION

Les résistances aérodynamiques et de roulement dans la locomotion en cyclisme suscitent un intérêt croissant, notamment depuis les récentes et successives améliorations du record du monde de l'heure. Les phénomènes aérodynamiques sont généralement étudiés en soufflerie bien que cette situation expérimentale soit extrêmement onéreuse. Le but de cette étude est de proposer une méthode simple de mesure des coefficients de traînée aérodynamique (SC_x, en m²) et de roulement (CR, sans dimension) dans la locomotion en cyclisme.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Dans un couloir de 80 m de long (en l'absence de vent), sur un sol en linoléum, le cycliste s'élançait puis cessait de pédaler. Cette procédure était répétée 30 fois avec des conditions expérimentales constantes, seule la vitesse initiale avant décélération variait (de 2,5 à 12,8 m . s⁻¹). L'accélération (négative) du cycliste était mesurée avec un système de chronométrage constitué de trois bandes (C₁, C₂, C₃) sensibles à la pression (exercée par le passage de la roue avant du cycliste). Entre C₁ et C₂ (5 m), la vitesse initiale du cycliste était quantifiée. Le temps (T₂) pour couvrir la distance (20 m) de C₂ à C₃ (L₂) était mesuré. Une méthode pas à pas (Δt = 0,01s) a été employée pour claculer, à chaque instant, les résistances à l'avancement (R_T), l'accélération, la vitesse de déplacement et la distance couverte entre C₂ et C₃ (L̂₂). R_T dépend de SC_x et de CR : $R_T = [SC_x \cdot 0.5 \rho V^2] + [CR \cdot m \cdot g]$, où ρ = la masse volumique de l'air, V = la vitesse de déplacement du cycliste à Δt_{i-1}, m = masse du cycliste et de son matériel, et g = la gravité. Dans cette équation, seuls SC_x et C_R sont inconnus ; ils sont déterminés par itérations en minimisant la somme des écarts des moindres carrés entre L̂₂ (parcourue pendant T₂) et L₂. L̂₂ et L₂ représentent respectivement les distances entre C₂ et C₃ calculée et mesurée. Afin de tester la reproductibilité de la méthode, un cycliste en position triathlète (aero-posture) a répété 4 fois la même série de mesure (4 x 30 = 120 passages). La sensibilité de la méthode a été testée par des modifications 1/ successives de la pression des pneumatiques de 2 à 12 bars (2,4,6,8,10,12 bars), 2/ de la position du cycliste. Dans cette dernière condition expérimentale, 4 positions ont été étudiées : upright posture (UP), dropped posture (DP), aero-posture (AP),

Obree's posture, membres supérieurs repliés le long du buste (OP).

RESULTATS

Pour les tests de reproductibilité, l'erreur moyenne était de 0,76% et 0,54% respectivement pour SC_x et C_R. La moyenne des SC_x et C_R obtenus était respectivement de 0,332±0,0077 m² et 0,0058±0,00015. Une décroissance exponentielle de C_R (de 0,006 à 0,003) en fonction de la pression de gonflage a été observée (r = 0,983, p<0,01, n=6). Finalement, une analyse de variance a montré que SC_x était significativement (p<0,0001) différent entre les 4 positions (Figure 1).

DISCUSSION

Les valeurs de SC_x obtenues sont en accord avec celles rapportées par les études conduites en soufflerie. Les valeurs de C_R mesurées sont supérieures à celles rapportées dans la littérature. Cette différence provient de la nature des revêtements sur lesquels le cycliste roulait (bitum vs linoléum). En soufflerie (méthode de référence), l'erreur de mesure est d'environ 1%. Dans la présente étude, l'erreur moyenne inférieure à 1% suggère que la méthode de détermination de SC_x et C_R possède une reproductibilité proche de la méthode de référence. La décroissance exponentielle de C_R en fonction de la pression de gonflage (r = 0,98, p<0,01) indique une sensibilité importante de la méthode. Une modification de 2 bars de la pression est perçue avec la méthode. La différence significative de SC_x entre les 4 différentes positions (Figure, 1) confirme la sensibilité importante de la méthode. En conclusion, les résultats suggèrent que la méthode est reproductible, sensible et donc utilisable pour étudier les résistances aérodynamiques et de roulement. En outre, elle présente l'avantage d'une mesure en situation réelle de déplacement (e.g. mouvements de rotation des membres inférieur et mouvements latéraux de la bicyclette possibles).

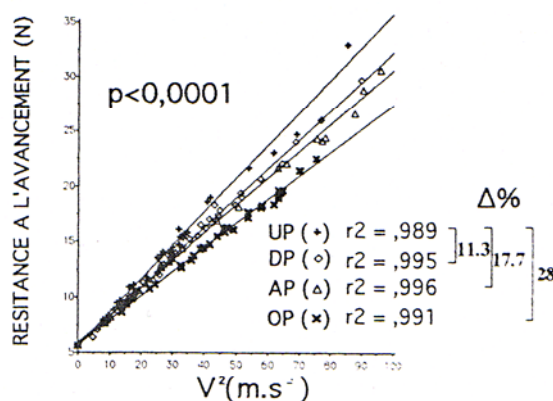


Figure 1. Régressions linéaires entre résistance à l'avancement et carré de la vitesse initiale du cycliste (V²) avec 4 positions différentes. Δ% = différence entre positions, normalisée par rapport à upright posture (UP). DP = dropped posture, AP = aero-posture, Obree's posture, membres supérieurs repliés le long du buste (OP).