



Figure 2. La puissance typiquement utilisée par un cycliste varie en fonction de sa vitesse. On distingue différentes contributions : la résistance de l'air, les frottements, l'effet de la gravité sur route à 2,5 % de pente. La puissance nécessaire pour vaincre la résistance de l'air est de loin la plus élevée, elle varie comme le cube de la vitesse (la force varie comme son carré).

roues dont l'axe, usiné au tour puis traité thermiquement pour en augmenter la dureté (cémentation trempée, test Brinnell), était rectifié ensuite à la meule fine pour présenter enfin un état de surface sans rugosité et un glissement optimal sur les portées de roulement. Il est peu probable que des améliorations substantielles puissent être apportées à de telles techniques.

Le frottement au sol, quant à lui, dépend essentiellement du diamètre des roues, du type de pneus et de leur pression de gonflage. Plus le diamètre des roues est grand, mieux on absorbe les inégalités d'un terrain bosselé, diminuant ainsi la résistance au roulement. Mais de trop grandes roues ont une trop grande inertie et trop de prise au vent, un bon compromis est donc réalisé par les roues standard de 700 mm de diamètre. Qui a déjà roulé sur pneus ballons dégonflés ( $1 \text{ kg/cm}^2$ ) puis sur boyaux fins gonflés à  $7 \text{ kg/cm}^2$  sait que, selon la pression du pneu et le poids du cycliste, la surface de contact avec le sol varie, freinant ainsi plus ou moins le mouvement. Cette surface qui est d'environ  $15 \text{ cm}^2$  pour un pneu demi-ballon typique de 650 mm n'est que de quelques centimètres carrés pour un boyau de pistard gonflé à  $12 \text{ kg/cm}^2$ , dont le coefficient de friction au sol est ainsi réduit d'un facteur 3 environ. Il serait intéressant à ce propos d'essayer sur route

sèche des boyaux de cyclo-cross, dont l'enveloppe est constituée de pastilles, et dont la surface de contact avec le sol pourrait ainsi être encore plus réduite. L'élasticité intrinsèque du pneu joue elle aussi un rôle, ainsi que les imperfections de sa forme. Mais, en tout état de cause, ces frottements au sol restent en général négligeables, et l'on peut craindre qu'en diminuant davantage l'adhérence des pneus actuels on ne compromette plus le freinage qu'on n'améliore les vitesses atteintes.

En réalité, le cycliste dépense la majeure partie de son énergie à vaincre la résistance de l'air (fig. 2). Sans elle, il atteindrait des vitesses fabuleuses : après les cinq records qui amenèrent le Français José Meiffret à rouler à 204,778 km/h derrière une voiture de course munie d'un écran, Allan Abbot (Etats-Unis) parcourut en 1972 un mille à 225,307 km/h (fig. 3) ! Sa bicyclette était équipée de roues de 500 mm à l'avant et 600 mm à l'arrière, mais surtout d'un incroyable pédalier (222 dents) qui lui donnait un développement de 30,5 mètres et l'obligeait à se faire remorquer jusqu'à 145 km/h avant de commencer à pédaler. De quoi faire frissonner tout cycliste ayant déjà été bousculé par la turbulence de l'air d'un poids lourd ! Depuis, ce médecin américain avait institué un prix de 3 000 dollars des-

tiné à récompenser le premier véhicule à propulsion humaine qui dépasserait le mur des 55 MPH (88,5 km/h). Les engins aérodynamiques les plus hétéroclites naquirent et le prix fut enlevé en 1979 par l'Eclair Blanc que trois étudiants de Northrop University amenèrent à 89,56 km/h. Un calcul effectué par D.G. Wilson (1) montre que de tels engins, aux formes ovoïdes, où l'on pédale couché sur le dos ou sur le ventre et même éventuellement avec les bras aussi, devraient pouvoir atteindre un jour 125 km/h.

Mais quelle est donc cette forme de résistance de l'air qu'Anquetil tentait de vaincre en courbant l'échine et Roger Rivière en coupant le bout de ses lacets ou en collant du scotch sur les boudins de son casque ? Cette force est proportionnelle à la densité de l'air, à la surface frontale du cycliste, au carré de sa vitesse et à un coefficient, dit coefficient de traînée, qui dépend à la fois de son profil et de la rugosité de ses vêtements. Sur les 600 watts nécessaires à un coureur cycliste classique pour rouler à 50 km/h, 200 sont dus à la résistance de l'air sur la machine, 350 à celle sur l'homme et 50 environ seulement aux différents autres frottements (roulements...). On se souvient sans doute que la firme Renault-Gitane mit en vente en 1979 des vélos de course particulièrement aérodynamiques, et annonça qu'ils permettaient une économie d'environ 70 des 200 watts concernés, bien qu'ils n'aient pas prouvé une réelle supériorité pendant le Tour de France. La firme Porsche fit des recherches analogues avec le constructeur de cycles Puch. Mais il faut souligner qu'à trop vouloir allonger le profil des cadres de bicyclettes, on les rend particulièrement sensibles au vent latéral, et qu'il s'agit là d'un grave inconvénient.

On sait aussi que pour les courses contre la montre les coureurs revêtent des maillots de soie réduisant ainsi leur coefficient de traînée. Mais la soie empêche la bonne ventilation du corps des cyclistes et l'on préfère souvent aujourd'hui des matières synthétiques ajourées car la transpiration joue un rôle essentiel qu'il nous faut maintenant envisager pour conclure sur les problèmes d'énergie. Nous avons examiné à quoi est utilisée la puissance effectivement délivrée par la machine musculaire humaine. Mais nous avons mentionné aussi que le rendement des muscles n'est que d'environ 20 à 30 %, le reste est donc dissipé sous forme de chaleur. Il fait chaud l'hiver dans les pelotons, c'est bien connu ; et F.R. Whitt (1) a estimé en 1974 que, sans ventilation, le corps d'un cycliste produisant 375 watts de puissance mécanique s'échaufferait de 2 degrés, limite tolérable, en 12 minutes seulement. Ce temps est en effet de l'ordre de celui qu'un bon sportif tient sur son «home-trainer». Ce n'est donc pas sans raison que F.R. Whitt (1) propose d'adjoindre des ventilateurs à ces redoutables engins. C'est bien de chaud qu'est mort l'infortuné

(1) F.R. Whitt et D.G. Wilson, *Bicycling science*, MIT Press, 1974.

(2) S.S. Wilson, *Scient. Americ.*, 228, 81, 1973.

(3) Le braquet, mot d'origine incertaine, désigne le nombre de dents du plateau avant et du pignon de la roue arrière, dont le rapport fixe le développement, c'est-à-dire le nombre de mètres parcourus par tour de pédale. Un braquet de  $53 \times 13$  correspond ainsi à un développement d'environ 9 mètres.