

te moderne : elle comporte des roues avec cages à billes et rayons croisés, une transmission par chaîne et une selle en cuir munie d'une suspension très au point.

Ainsi, à l'orée du XX^e siècle, le vélo avait-il acquis l'âge adulte et sa forme définitive. Les progrès accomplis par la suite furent minimes et concernèrent surtout la rationalisation des techniques de production. Mais contrairement à ce qui a pu se passer dans l'automobile ou l'aviation, ces progrès n'ont que très peu réagi, en retour, sur la structure même du produit. Il est certain que la bicyclette avait acquis très vite de bonnes qualités techniques pour une grande simplicité, vertu à la mode de nos jours. Quant aux raisons qui en font l'un des symboles actuels de liberté ou de paix, tout le monde a en mémoire quelques événements ou images que nous citerons au hasard : la reine Victoria acheta un tricycle vers 1880 et incita ainsi, dit-on, les femmes anglaises à sortir de chez elles. C'est souvent à vélo qu'on partit en congés payés en 1936. C'est à vélo encore que le facteur ou l'hirondelle faisait sa tournée il n'y a pas si longtemps. C'est à vélo enfin que les combattants vietnamiens avancèrent vers leur libération. Le «deux-roues», sorte de moyen de transport minimum, est donc bien ancré dans nos sociétés, quel que soit le niveau de sophistication de leur technologie.

Moins fatigant que d'autres.

N'en déplaise à ces cyclistes rougeoyant sur les routes en pente de l'été, la bicyclette est un moyen de transport au rendement énergétique remarquable, et c'est l'un de ses aspects les plus intéressants pour le scientifique. L'énergie que dépense un individu, un animal ou un véhicule pour se déplacer dépend de la vitesse à laquelle il le fait et nous reviendrons en détail sur ce point, mais on

peut^(1, 2) comparer ces différents mouvements à leur vitesse moyenne habituelle. Par kilomètre et par gramme transporté, les moins efficaces sont certainement le serpent, la souris ou la mouche. Viennent ensuite le lapin et l'hélicoptère, l'avion, l'homme à pied, le cheval, l'automobile et le saumon. Le cycliste dépense cinq fois moins d'énergie (0.15 calories par gramme et par kilomètre) que le marcheur (0.75 cal/g.km) et n'est concurrencé, au royaume de l'indice énergétique, que par le train sur rails. Pourquoi ? Il nous faut envisager quelle puissance la machine humaine peut fournir et comment elle est utilisée.

L'homme tire bien sûr son énergie de sa nourriture, et le rendement de ses muscles, qui est d'environ 20 à 30 %, dépend du type d'effort accompli et de l'entraînement de l'individu considéré. Lorsqu'une énorme force est exercée lentement contre une grande résistance (râmeurs, haltérophiles) ou lorsqu'une faible force est exercée rapidement sans résistance appréciable (coup de poing dans le vide) le rendement est faible. Le bon cycliste sait bien qu'il existe un rendement optimum, entre ces deux extrêmes, et il le choisit en ajustant sans cesse son braquet,⁽³⁾ donc la force qu'il exerce et son rythme de pédalage, en fonction de l'effort à fournir, c'est-à-dire du vent, de la pente et de la vitesse. Il utilise, de plus, la masse musculaire la plus puissante de son corps, ses cuisses. Fixons quelques ordres de grandeur : un homme a besoin d'environ 150 watts pour vivre au repos, et au-delà de ce seuil la puissance dont il dispose varie approximativement comme l'inverse de la durée de l'effort qu'il produit. Pendant 10 secondes, un individu moyen peut ainsi dépenser environ 750 watts, c'est-à-dire par exemple monter un escalier de 10 mètres de haut s'il pèse 75 kg. Mais sur des temps plus longs la puissance disponible décroît, bien en-

tendu. Comment le cycliste utilise-t-il cette puissance ?

Lorsque la route monte il doit vaincre la gravité et fournir une puissance proportionnelle à son poids (le sien plus celui de sa bicyclette) et au nombre de mètres de dénivelé franchis par seconde. S'il s'agit d'une côte à 10 %, un grimpeur de 65 kg sur une bicyclette de 10 kg aura ainsi besoin des mêmes 750 watts pour vaincre la seule gravité s'il veut rouler à 36 km/h, c'est-à-dire s'élever de 1 mètre par seconde. Mais, sur terrain plat à vitesse constante, le poids ne joue pas de rôle appréciable : le marcheur a besoin de faire monter et descendre son corps à chaque pas (le marcheur de compétition tente de limiter ces efforts inutiles), le cycliste au contraire reste toujours sensiblement à la même hauteur. Néanmoins, en course, la tactique oblige les concurrents à de nombreuses accélérations et le poids joue alors, à nouveau, un rôle non négligeable. Mais les coureurs préfèrent souvent perdre deux kilogrammes de leur propre poids plutôt que d'alléger d'autant leur machine, laquelle ne pèse en général que 8 kg environ et perdrait alors en rigidité. Même dans le cas précédent d'une côte à 10 %, gravie à 36 km/h, une économie de poids de 1 kg ne représenterait qu'un gain de 10 watts, 1 % environ de la puissance nécessaire pour vaincre la gravité, beaucoup moins encore par rapport à la puissance totale réellement nécessaire. Le problème du poids des vélos n'est donc pas réellement crucial, quelles que soient les publicités commerciales qui l'entourent. Les pertes d'énergie dues aux frottements dans les roulements et sur le sol sont en général, elles aussi, négligeables. Sur une bicyclette moderne, on ne perd que quelques watts dans les roulements à billes, la chaîne, le dérailleur, etc. La firme anglaise Exceltoo et la firme italienne Campagnolo ont été les premières à fournir au grand public des moyens de

