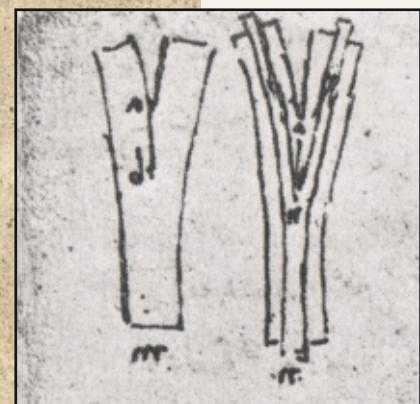




 IDÉES DE PHYSIQUE

Bien glisser sur la neige

Pour réduire les frottements, il faut adapter à l'état de la neige la rigidité des skis, leurs semelles et leur fartage.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Pour améliorer les performances des skieurs de compétition, notamment les vitesses atteintes, les équipes sportives attachent un grand soin à la préparation de la semelle du ski. En fonction de la température, de l'état de la neige, de l'humidité ambiante, etc. les experts choisissent l'état de surface plus ou moins lisse qu'ils vont donner à la semelle du ski et la nature du fart dont ils vont l'enduire pour mieux glisser. Un savoir-faire qui peut utilement s'appuyer sur une connaissance de la physique mise en jeu.

Pour le débutant, tenir sur des skis est périlleux : il a le sentiment qu'ils glissent sur la neige au moindre déséquilibre. Le frottement sur de la neige sèche est un frottement solide, proportionnel à la force perpendiculaire exercée par les skis sur le sol, soit le poids du skieur pour une piste horizontale. Aux faibles vitesses, le coefficient de proportionnalité est de l'ordre de 0,04, c'est-à-dire 20 fois inférieur à celui du contact d'un chausson d'escalade sur de la roche !

Bien que faible, ce frottement est plus important que la force de traînée aérodynamique qui s'exerce sur le skieur aux vitesses modérées. Prenons l'exemple d'un skieur de 75 kilogrammes et mesurant 1,80 mètre, en tenue de compétition. Le produit du coefficient de traînée par la surface frontale vaut, d'après les mesures, 0,65 mètre carré lorsque le skieur est debout, et 0,23 mètre carré lorsqu'il est en position de l'œuf. Cela signifie qu'à une vitesse de dix mètres par seconde, la force de traînée aérody-

namique, proportionnelle au carré de la vitesse, varie de 15 à 40 newtons selon la position adoptée. La force de frottement solide approche alors les 30 newtons, valeur comparable à celle de la traînée à dix mètres par seconde. Quand la neige est humide, le frottement est plus élevé et domine la traînée jusqu'à une vitesse de 20 mètres par seconde.

Skis souples ou non, selon la neige

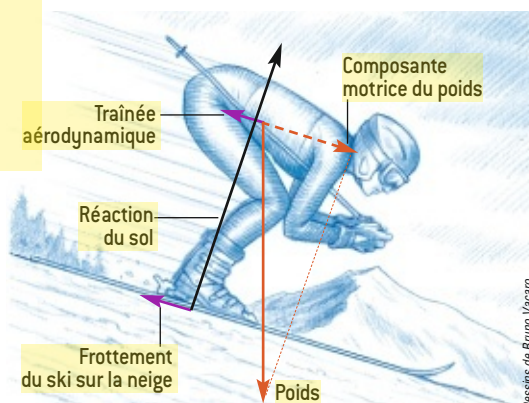
Réduire le frottement est donc un enjeu sportif considérable. Pour ce faire, il ne faut pas oublier le remodelage macroscopique de la neige soumise à la pression du ski, notamment lorsque cette neige est peu compacte. Car la formation d'un sillon est à l'origine d'un ralentissement : compaction

de la neige par le ski, déplacement, voire éjection, de la neige sont autant de sources de dissipation d'énergie qui agissent comme une force de frottement.

Le skieur peut toutefois s'en accommoder en choisissant bien ses skis. Pour une neige tendre, il prendra des skis souples, qui n'exercent qu'une faible pression à l'avant et à l'arrière. Cela permet de réduire la résistance due à l'impact du ski (car l'avant du ski ne s'enfonce pas sous la neige) et à la compaction de la neige. En revanche, pour une neige dure et compacte, il chaussera plutôt des skis rigides.

Pour aller plus loin, il faut se demander pourquoi un ski glisse sur la neige. Le mécanisme principal a été proposé en 1939 par Philip Bowden et T. Hughes, deux physiciens de Cambridge. Le frottement du ski dégage de la chaleur qui fait fondre la neige et il se forme un film d'eau d'épaisseur micrométrique qui lubrifie le contact entre la neige et le ski. Il s'ensuit un coefficient de frottement peu élevé, mais dont la valeur précise dépend de l'épaisseur du film liquide. Si cette épaisseur est très faible, le contact sera de nature solide/solide sans lubrification. Le frottement sec provient alors de la déformation, de la fracture et du fléchissement des aspérités des deux surfaces en contact.

Si l'une des surfaces est beaucoup plus dure que l'autre, les aspérités « dures » vont se frayer un chemin à travers le matériau « mou », ce qui accroît le frottement. Il convient alors d'adapter la dureté de la semelle du ski à celle de la neige : ni trop dure, ni trop souple.



1. LE SKIEUR EST FREINÉ PAR DEUX FORCES : la force de traînée aérodynamique, c'est-à-dire la résistance de l'air, et la force due au frottement du ski sur la neige. La traînée aérodynamique est proportionnelle au carré de la vitesse, la force de frottement est proportionnelle à la composante du poids perpendiculaire à la surface de contact. Les intensités de ces deux forces sont souvent comparables.