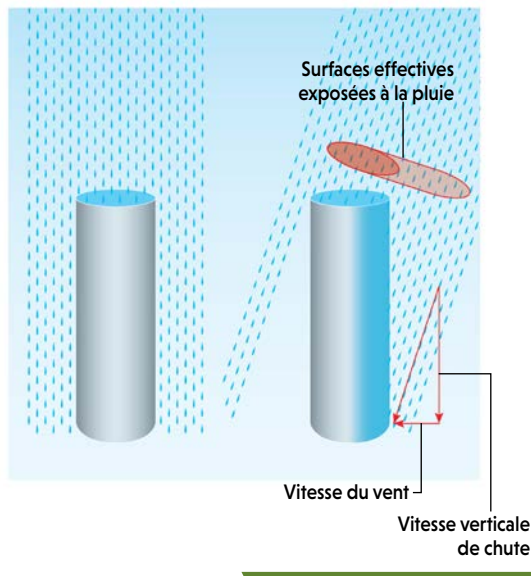


PIÉTON CYLINDRIQUE SOUS LA PLUIE

Pour simplifier les raisonnements et les calculs, on peut assimiler un piéton à un cylindre vertical. Sous une pluie verticale dans le repère du piéton (par exemple piéton immobile en l'absence de vent, ou se déplaçant à la même vitesse que le vent), seule la partie supérieure du cylindre reçoit les gouttes de pluie. Sous une pluie oblique dans le repère du piéton (par exemple piéton immobile en présence de vent, ou se déplaçant en l'absence de vent), le côté du cylindre orienté vers la pluie est également mouillé. Le débit d'eau reçue est proportionnel aux surfaces effectives exposées de front à la pluie, représentées ici en rose.



En effet, lors d'un déplacement rapide, la pluie traverse les vêtements, même imperméabilisés (on ne parle pas ici des cirés et autres tenues plastifiées), au lieu de s'écouler à leur surface.

DES IMPERMÉABLES PAS SI IMPERMÉABLES...

La plupart des tissus ne sont pas parfaitement imperméables, car l'eau peut s'infiltrer entre les fibres qui les composent. La lecture de notices techniques nous fait découvrir une unité de mesure de l'imperméabilité, le schmerber (Sch). On y apprend que les parapluies de qualité sont confectionnés avec des tissus de ➤

On peut obtenir une estimation quantitative de cette condition en assimilant le coureur à un cylindre vertical (voir l'encadré en haut à droite). On trouve alors que courir à la vitesse du vent n'est optimal que si le rapport entre la vitesse (horizontale) du vent et la vitesse (verticale) de chute des gouttes de pluie dépasse à peu près 0,75 fois le rapport entre notre largeur et notre hauteur. Une condition plus facilement réalisée si l'on est grand et mince que petit et dodu!

En pratique, ce rapport entre largeur et hauteur vaut au minimum de l'ordre

de 0,2-0,25. Sachant que la vitesse de chute des gouttes ne dépasse que très rarement 10 mètres par seconde, on voit qu'un léger vent arrière, supérieur à 2 mètres par seconde, rend possible l'optimum. Encore faut-il courir à la même vitesse que le vent: ce n'est pas vraiment possible en présence de vents plus forts et de bourrasques.

La discussion précédente fait fi de la tenue vestimentaire et des conséquences d'une vitesse de déplacement accrue. Or nous sommes bien plus rapidement trempés à vélo ou en scooter qu'à pied.



Les auteurs ont récemment publié: **En avant la physique!**, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).

> 350 Sch, que les vestes en Gore-Tex sont déclarées à 28000 Sch et qu'une norme DIN considère comme imperméable un vêtement qui affiche 1300 Sch. Que signifient ces chiffres en pratique?

Explicitons tout d'abord l'unité de mesure. Les valeurs données précédemment sont les valeurs de la surpression (par rapport à la pression atmosphérique) à partir de laquelle l'eau commence à traverser le tissu (voir l'encadré ci-contre). Cette surpression peut s'exprimer en millimètres de hauteur d'eau, ce qui représente autant de schmerbers. La surpression sous 10 mètres d'eau étant de 1 atmosphère, soit 100000 pascals (Pa), 1 schmerber équivaut à un seuil de pression en eau de 10 Pa.

L'imperméabilité des tissus dépend des fibres et de leur tissage. Ces fibres sont nécessairement hydrophobes: sinon, après avoir imprégné le tissu, l'eau mouillerait l'autre face, puis gouterait. Quelles valeurs d'imperméabilité doit-on atteindre? Étant donné la définition du schmerber, comme une goutte d'eau ne dépasse pas quelques millimètres de diamètre, quelques schmerbers pourraient sembler suffisants pour se protéger de la pluie. Ce n'est pas le cas.

LA PRESSION DES GOUTTES

En effet, si la pression exercée par une goutte posée sur un parapluie est à peine de quelques dizaines de pascals, celle exercée lors de l'impact de la goutte sur le tissu est bien plus élevée. À un coefficient numérique près, cette pression dynamique est égale au produit de la masse volumique de l'eau par le carré de la vitesse de la goutte. Ainsi, l'impact d'une goutte arrivant à 1 mètre par seconde (petite pluie fine) exerce l'équivalent d'une pression de 1000 Pa et cette eau ne traversera donc pas un tissu dont l'imperméabilité dépasse 100 Sch.

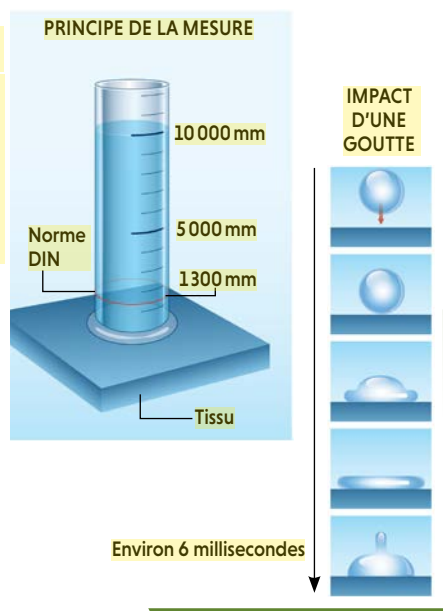
Mais dès que la pluie est modérée (gouttes chutant à 4 mètres par seconde), l'eau peut en partie traverser un tissu d'imperméabilité inférieure à 1600 Sch, ce qui est pourtant au-dessus de la norme DIN. Sous un parapluie, nous ressentons alors sur notre visage les gouttelettes microscopiques qui traversent le tissu à chaque impact. À 10 mètres par seconde (grosses gouttes d'une forte pluie), mieux vaut porter une veste conçue pour le trekking. Et à moto sous la pluie, seule une combinaison étanche à coutures soudées vous évitera d'être mouillé.

À cela s'ajoute le fait que la zone d'appui des bretelles de votre sac à dos ou les plis dans le vêtement, à proximité de vos

MESURER L'IMPERMÉABILITÉ D'UN TISSU

Le principe est d'appliquer au tissu une pression d'eau et de mesurer le seuil à partir duquel l'eau traverse le textile. Si ce seuil correspond à la surpression (par rapport à la pression atmosphérique) due à une hauteur d'eau de 1 mm, l'imperméabilité est, par définition, de 1 schmerber (1 Sch). La norme DIN de 1300 Sch correspond ainsi à un seuil de 1300 mm de hauteur d'eau.

L'imperméabilité à la pluie dépend de la vitesse relative des gouttes d'eau par rapport au tissu, car l'impact d'une goutte exerce une pression d'autant plus forte que sa vitesse est élevée. L'impact d'une goutte de quelques millimètres tombant à 1 mètre par seconde (pluie fine) se déroule sur quelques millisecondes. Un tel impact exerce une pression d'environ 1000 Pa, l'équivalent de 100 mm de hauteur d'eau. Pour que le tissu ne soit pas traversé par l'eau, son imperméabilité doit donc dépasser 100 Sch.



articulations, sont autant d'endroits où le tissu peut perdre son imperméabilité, l'eau y étant comprimée comme dans un étai. C'est pourquoi on recommande aux randonneurs le port de vêtements imperméabilisés à 10000 Sch au moins.

Quelles conséquences ont ces chiffres pour notre stratégie? Sous une pluie modérée ou forte sans vent (disons avec des gouttes chutant à plus de 6 mètres par seconde), à moins d'être un athlète, l'allure choisie modifie peu la vitesse relative de la pluie: celle-ci augmente de 10% seulement quand on passe d'une marche normale, à 1 mètre par seconde, à une course à 3 mètres par seconde. Le mouillage des vêtements n'en sera pas beaucoup modifié et on peut donc conserver la stratégie optimale, c'est-à-dire courir vite. L'idée que, avec un vent arrière, on a intérêt à courir à la vitesse du vent s'en trouve aussi renforcée: on diminue la vitesse relative de la pluie, donc la pression qu'elle exerce sur le tissu et, partant, sa pénétration.

En revanche, sous une petite pluie sans vent et avec un vêtement tout juste imperméable, il faut éviter de courir, car la vitesse relative de la pluie serait alors suffisante pour tremper le vêtement. Ces cas illustrent qu'il devient difficile de conclure sans connaître de nombreux paramètres: vent, force de la pluie, imperméabilités des tissus... En attendant une application dédiée, le physicien ne peut que vous inciter à rester au sec pour éviter de trop y penser! ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Ryu et al., **Water penetration through a superhydrophobic mesh during a drop impact**, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 118, article 014501, 2017.

F. Bocci, **Whether or not to run in the rain**, *European Journal of Physics*, vol. 33, pp. 1321-1332, 2012.