

# POURQUOI EST-ON PENCHÉ DANS LES VIRAGES ?

LE **SPORT** EXPLIQUÉ  
PAR LES SCIENCES  
EN **QUESTIONS**



une exposition d'**AMANDINE AFTALION**  
d'après son livre publié par **CNRS ÉDITIONS**

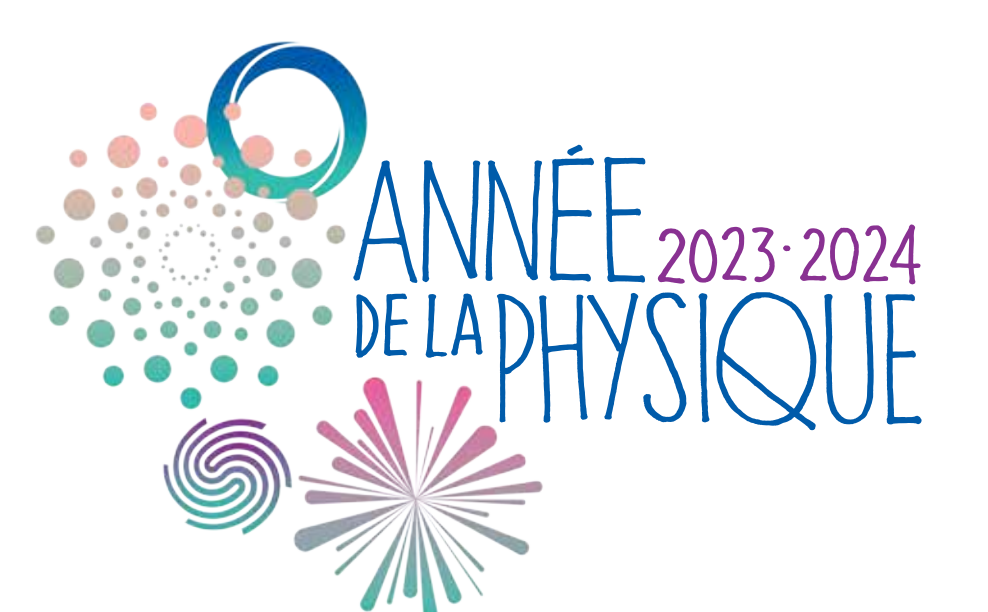
présentée par  **VideoDiMath**

avec le soutien de  **L'ÉCOLE  
DES HAUTES  
ÉTUDES EN  
SCIENCES  
SOCIALES**



Crédit illustrations : Estelle Chauvard

Crédits photos : Éric Van Leven, Shahjehan, Michael Phelps, Keystone / Ennio Leanza



# QUEL EST LE SPORT LE PLUS RAPIDE ?

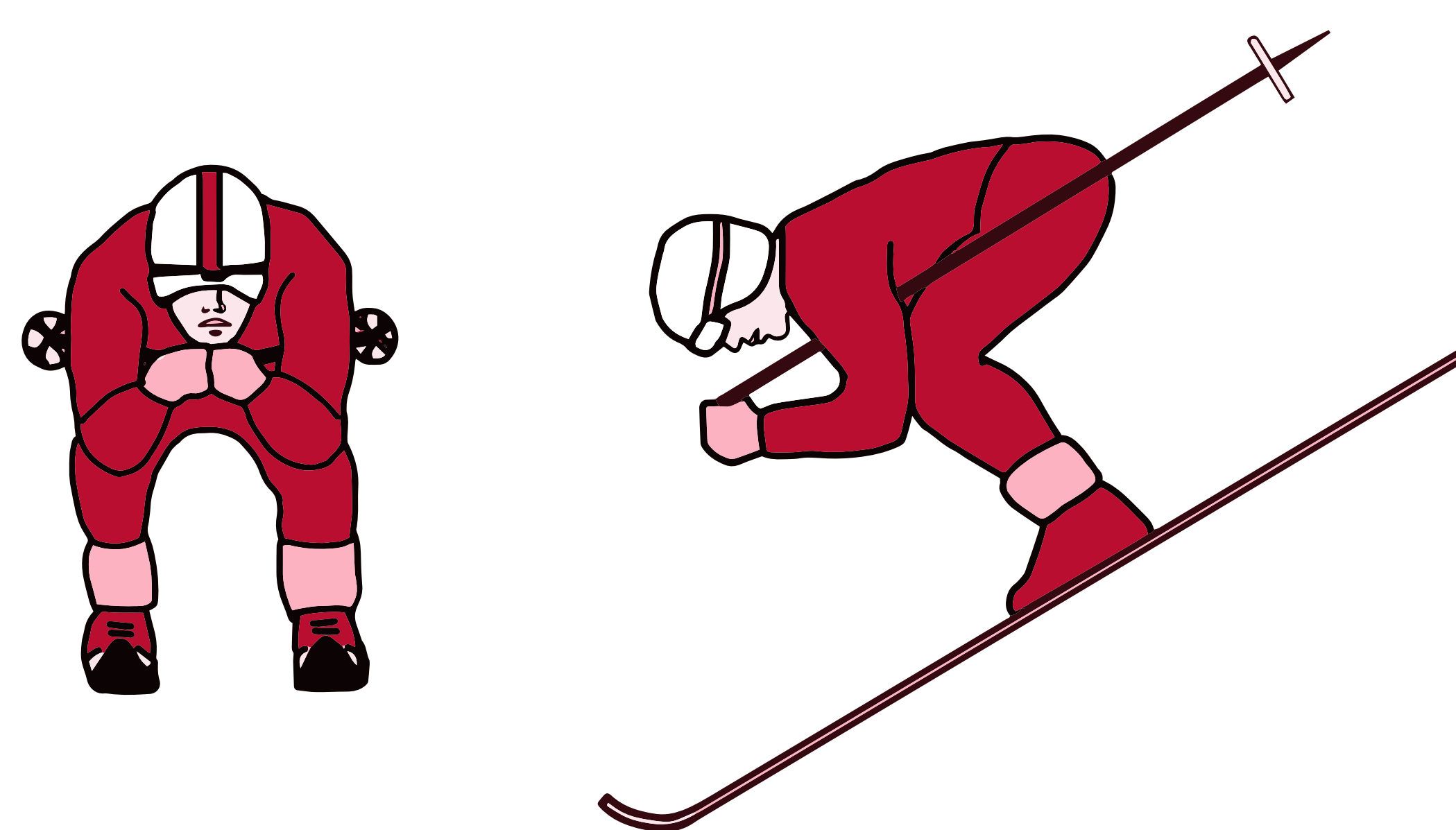


Le volant de badminton détient le record à 493 km/h, juste au-dessus de la balle de golf à 339 km/h et de la pelote basque à 300 km/h.

## ET L'ATHLÈTE LE PLUS RAPIDE ?

Le **skieur de vitesse**, à 250 km/h, est plus rapide que le sauteur en chute libre grâce à son profil aérodynamique pour fendre l'air.

Le sauteur est à plat ventre, bras et jambes écartés, et présente une grande surface à l'air, ce qui fait qu'il subit une grande force de frottement. Il faudrait sauter depuis l'espace pour atteindre les vitesses du skieur.



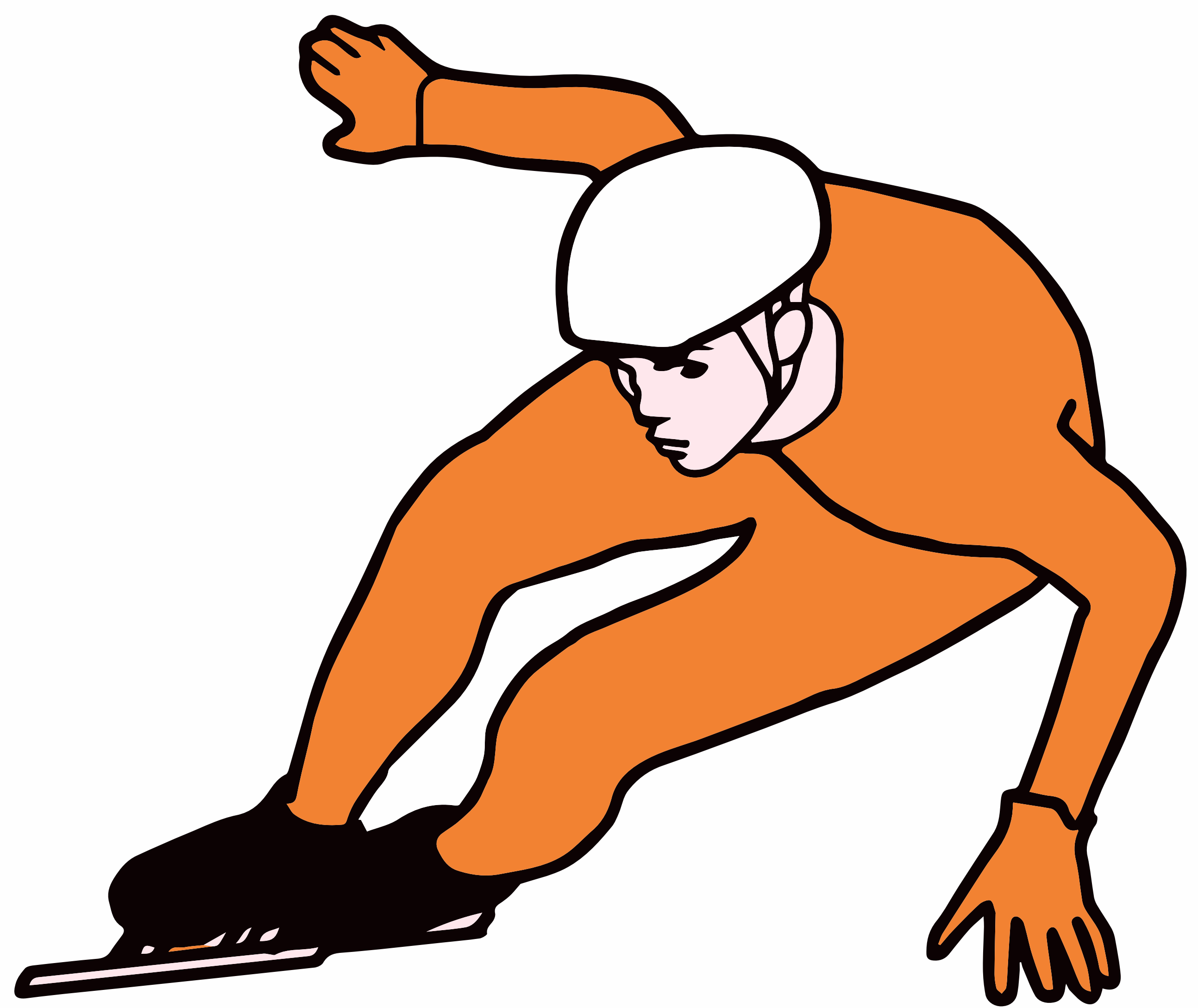
Les **athlètes en fauteuil** sur les distances du 800m au marathon sont plus rapides que les athlètes valides. Le record du marathon en fauteuil est de 1h17mn47, soit près de 40mn de moins que pour les valides. Les athlètes en fauteuil courent même le marathon plus vite que le 800m car ils sont moins freinés par les virages : le marathon est en ville et il n'y a pas trop de virages, alors que le 800m est sur piste.

# POURQUOI EST-ON PENCHÉ DANS LES VIRAGES ?

On est penché si on va vite ! À moto, à vélo, à patin à glace, on se penche pour **contrer la force centrifuge et rester en équilibre.**

La force centrifuge attire vers l'extérieur de la trajectoire. Elle emmène le corps là où il aurait dû être si on ne tournait pas. De la même façon que quand on est dans un train qui freine, on est projeté en avant (car le corps a tendance à rester là où il aurait dû être), quand on tourne, on est projeté vers l'extérieur. Cette force est proportionnelle à la vitesse multipliée par elle-même, et inversement proportionnelle au rayon de la trajectoire :

$$m \frac{v^2}{R} \quad \text{où } v \text{ est la vitesse, } R \text{ le rayon de la trajectoire, } m \text{ la masse.}$$



Plus on va vite, plus l'effet est important. Plus on tourne serré, plus l'effet est important ! Pour un coureur de sprint à 10 m/s, cette force représente le tiers de son poids et il est penché de 15° environ.

Pour ne pas être trop penché quand on va vite (à vélo par exemple) ou quand les virages sont serrés (dans les pistes d'athlétisme indoor), on incline les pistes.



Un coureur, qui doit prendre un virage serré dans un cross, va préférer l'aborder vers l'extérieur afin de diminuer la force centrifuge contre laquelle il doit lutter, même si cela le conduit à parcourir une distance légèrement supérieure. C'est ainsi également qu'à la sortie d'un virage, pour aborder une ligne droite, on préfère éviter un changement de force centrifuge brutal et on anticipe en se redressant. Les motards le savent bien, avant la sortie du virage, il faut redresser la moto, et cela fait mal aux bras...

# POURQUOI COURT-ON BRAS PLIÉS PLUTÔT QUE BRAS TENDUS ?

Dans tout mouvement de marche ou de course,  
**on est stabilisé par le mouvement des bras  
en opposition au mouvement des jambes.**



Chaque fois que le coureur change de **jambe d'appui, ses hanches tournent.** Pour équilibrer le corps et ne pas tomber, surtout quand on court vite, on va exercer **un mouvement de rotation des épaules dans l'autre sens** pour rester de face. Il y a une vraie torsion entre les hanches et les épaules. Les bras servent à **stabiliser** le corps.

Le fait de garder les bras pliés plutôt que tendus aide dans le **mouvement de balancier**. C'est comme un pendule qui oscille ou un bilboquet : plus le fil est long, plus c'est dur de faire balancer, et plus le fil est court, plus on fait osciller facilement. Par analogie, les bras sont **plus faciles à balancer** quand ils sont pliés, car ils sont **plus courts**.

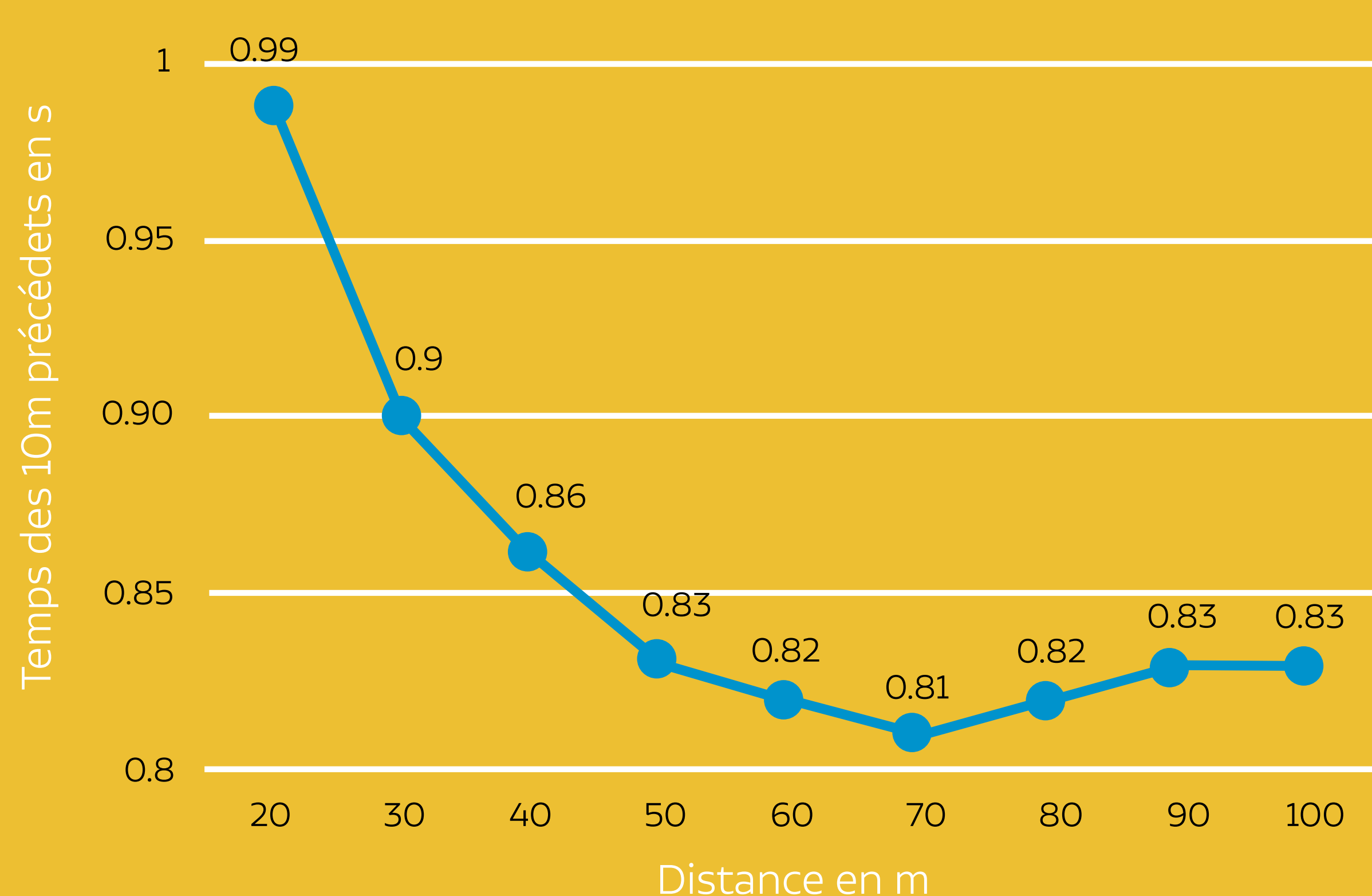
# POURQUOI LES SPRINTEURS DÉCÉLÈRENT-ILS AVANT LA LIGNE D'ARRIVÉE ?

Dans le 100 mètres, le 200 mètres, le 400 mètres, **les athlètes ne passent pas la ligne d'arrivée en accélérant, mais plutôt en décélérant !**



Cela correspond à la meilleure façon de gérer ses ressources énergétiques et son effort. Les athlètes ne peuvent pas tenir leur effort maximal pendant toute la course, même si c'est l'impression qu'ils donnent ; il faut donc produire l'effort maximal en début de course et tenter de décélérer le moins possible. Une autre stratégie consistant à partir moins vite et accélérer tout au long de la course serait moins rentable.

Sur certains 400 mètres, on a parfois l'impression que le vainqueur sème ses concurrents, alors que c'est qu'il décélère moins.



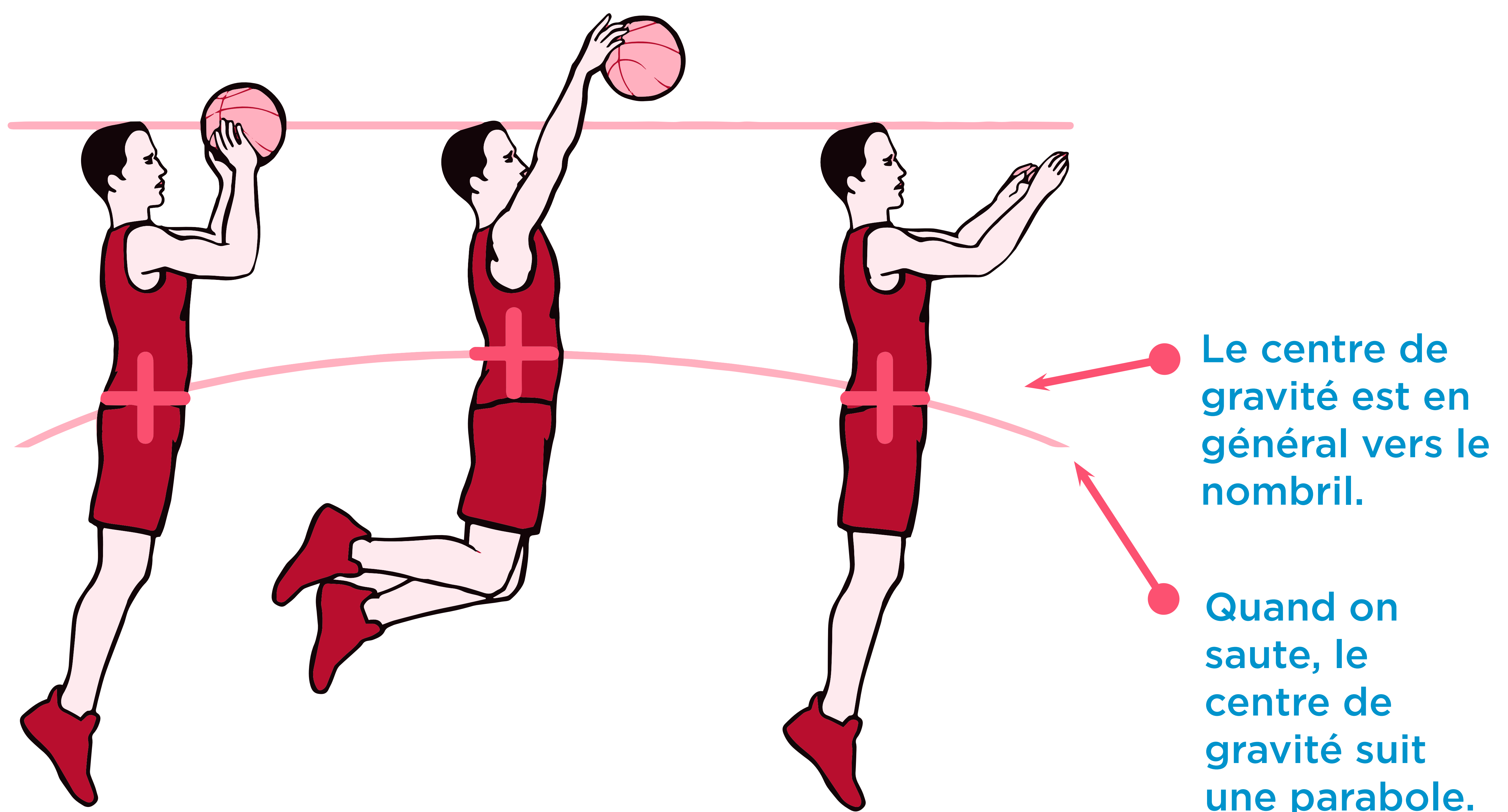
Temps mis par Usain Bolt pour parcourir 10 mètres lors du 100 mètres à Berlin en 2009 (son record).

On voit que ce temps augmente sur les 30 derniers mètres, donc il ralentit. Sur un 100 mètres, tous les athlètes ralentissent dès 60 ou 70 mètres, soit aux 2/3 de la course.

C'est très différent des courses longues pour lesquelles la meilleure stratégie est une accélération finale !

# POURQUOI LES BASKETTEURS SEMBLENT-ILS SUSPENDUS EN L'AIR QUAND ILS SAUTENT ?

Quand Michael Jordan saute pour mettre un panier, on a l'impression qu'il reste en l'air un certain temps, comme en suspension. **En fait c'est un effet du centre de gravité**, qui est le centre du corps par rapport à la répartition des masses.



Quand on lève les bras ou on plie les jambes, le centre de gravité bouge et se situe plus haut sur le corps. Quand on saute, le centre de gravité suit une parabole. S'il s'élève sur le corps au moment où il est au sommet de la parabole, cela fait que la tête, elle, reste à la même hauteur. Comme c'est la tête qu'on regarde et qu'elle reste à la même hauteur, cela produit cet effet de suspension en l'air.

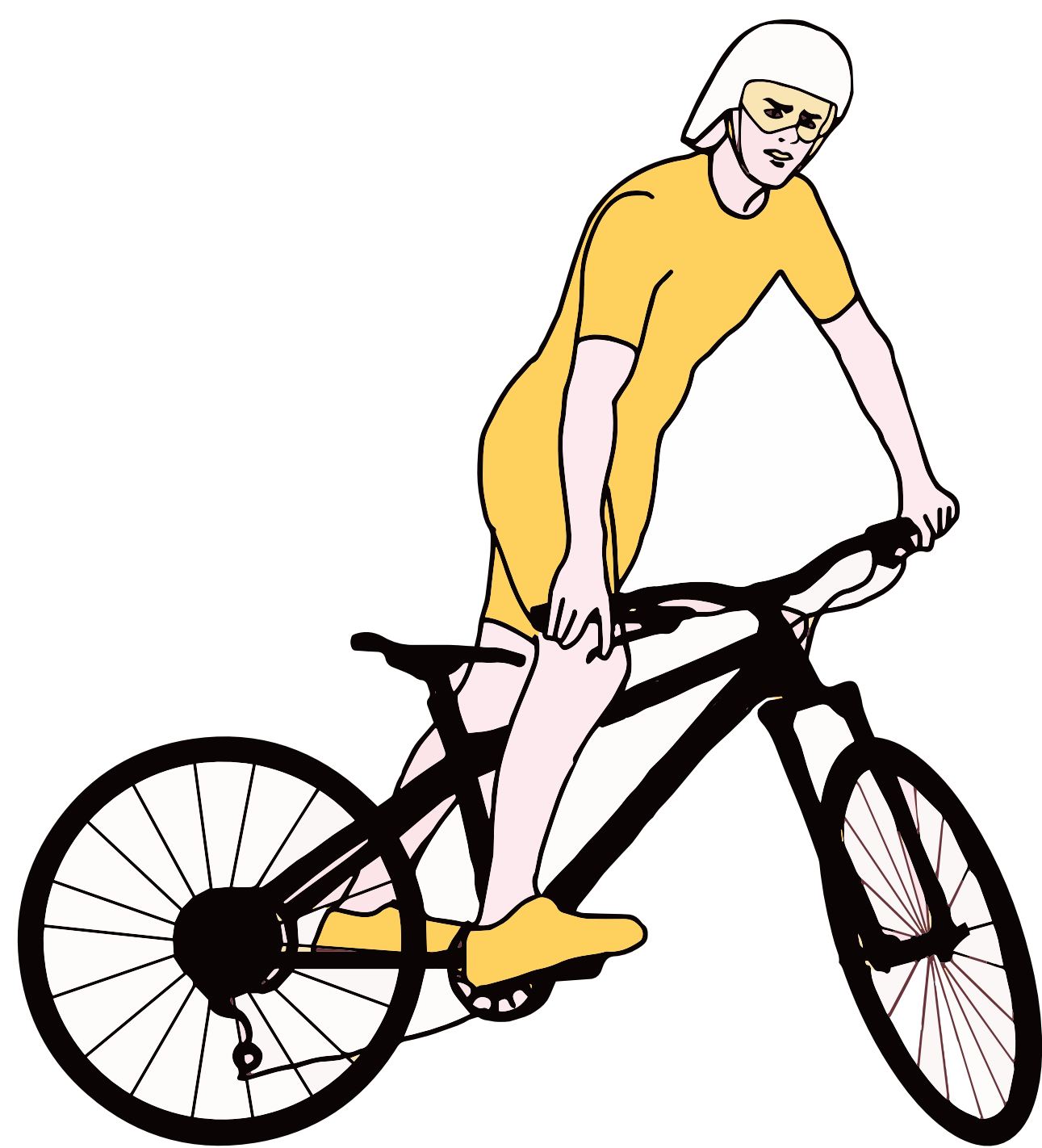


C'est la même chose pour les danseuses qui font un grand jeté : elles lèvent les bras au sommet de la trajectoire, ce qui fait que la tête reste à la même hauteur un certain temps : elles semblent voler !

# POURQUOI LE VÉLO, TIENT-IL MIEUX EN ÉQUILIBRE QUAND ON VA VITE ?

L'équilibre d'un vélo dépend beaucoup de la **rotation du guidon**. Plus on roule vite, plus l'équilibre est facile, car un léger coup de guidon suffit pour se redresser, alors qu'à petite vitesse, il faut un grand coup de guidon.

Le centre de gravité, c'est-à-dire le centre des masses, doit rester au-dessus de la zone en contact avec le sol pour que le vélo soit en équilibre.



Avec une position guidon tournée, on augmente la surface au sol, ce qui peut garantir un équilibre même à l'arrêt. Et si l'on se lève, on élève le centre de gravité, ce qui facilite l'équilibre !

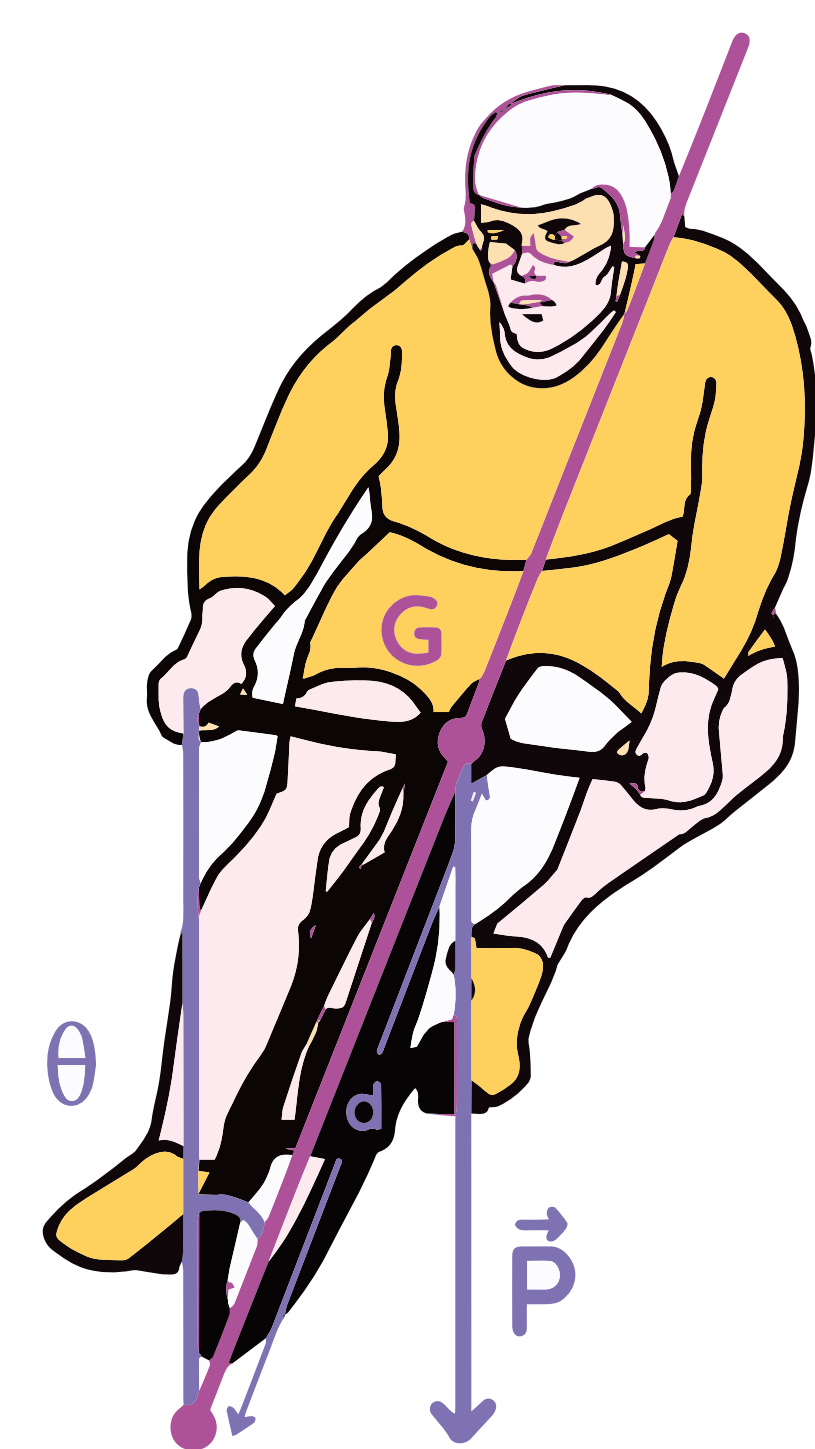
Plus les pneus sont larges, plus la zone de contact au sol l'est aussi, ce qui rend plus facile l'équilibre.

À la suite d'un léger déséquilibre, le poids fait tomber le vélo. Tourner la roue engendre une rotation du système qui compense celle du poids. Cette rotation provoque l'application de la force centrifuge. Le rééquilibrage du vélo est donc lié à la rotation du guidon par la formule

$$\frac{v^2}{R} \tan \theta = g$$

où  $v$  est la vitesse,  $R$  le rayon de la trajectoire liée à la rotation du guidon,  $g$  la constante de gravitation et  $\theta$  l'angle d'inclinaison.

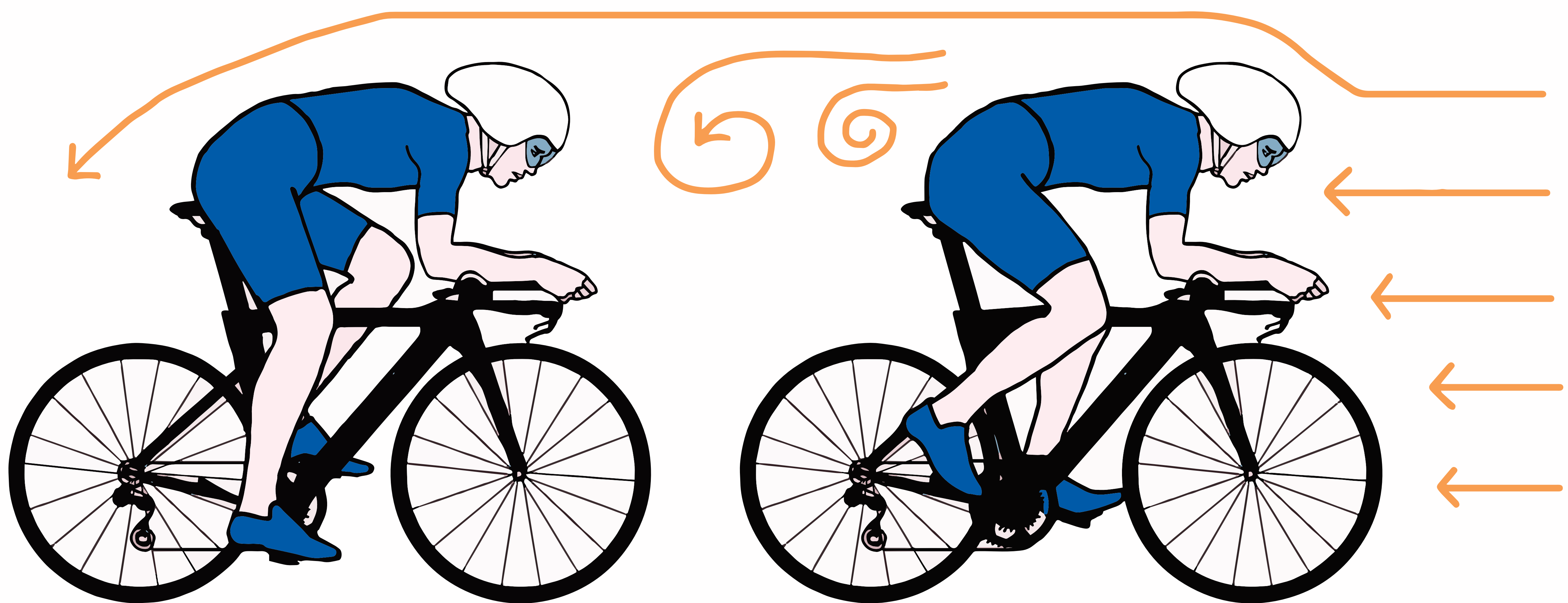
- **À petite vitesse**, le rayon  $R$  doit être **petit** : si l'on veut tourner sur un tout petit cercle, il faut donc donner un grand coup de guidon.
- **À grande vitesse**, le rayon  $R$  est **grand**, on est presque droit, et la modification de trajectoire est infime.



# POURQUOI ÊTRE DERRIÈRE , QUELQU'UN PERMET-IL D'AMÉLIORER LA PERFORMANCE ?

Courir derrière quelqu'un permet d'améliorer la performance. **L'athlète n'a pas à réfléchir à son rythme et économise de l'énergie pour courir.** C'est comme s'il s'accrochait psychologiquement. Sur un tour de stade (400 mètres) derrière « un lièvre », on peut gagner jusqu'à une seconde par rapport à une course seul. Ce n'est pas un effet aérodynamique.

À plus grande vitesse, à vélo par exemple, il vaut mieux se trouver derrière que devant pour des raisons aérodynamiques : à l'intérieur d'un peloton, on peut maintenir sa vitesse sans avoir l'impression de faire d'effort, on se sent comme aspiré, alors que le leader ressent de la fatigue au bout de quelques minutes seulement. En effet, derrière tout objet qui se déplace dans l'air, il y a un sillage dans lequel la pression est plus basse. Donc si le cycliste numéro 2 suit son leader d'assez près, il se retrouve dans la zone de basse pression. Non seulement il n'a pas d'air qui arrive face à lui mais il a un effet d'aspiration.



Ce qui est moins connu c'est que le leader bénéficie également d'un effet d'aspiration réduisant sa traînée d'environ 5%. Comme le cycliste 2 occupe le sillage derrière le cycliste 1, cela diminue donc les tourbillons dans le sillage derrière le cycliste 1 et donc la traînée qui s'oppose au mouvement. Donc si on est devant, il vaut mieux ne pas être seul !



# POURQUOI NAGE-T-ON MIEUX LÉGÈREMENT SOUS L'EAU ?

Immergé, le corps d'un nageur avance plus vite. Il rencontre environ deux fois et demi moins de résistance sous l'eau qu'en surface. Les forces qui ralentissent un nageur, les forces de traînée, sont de trois types :

## La traînée de pression :

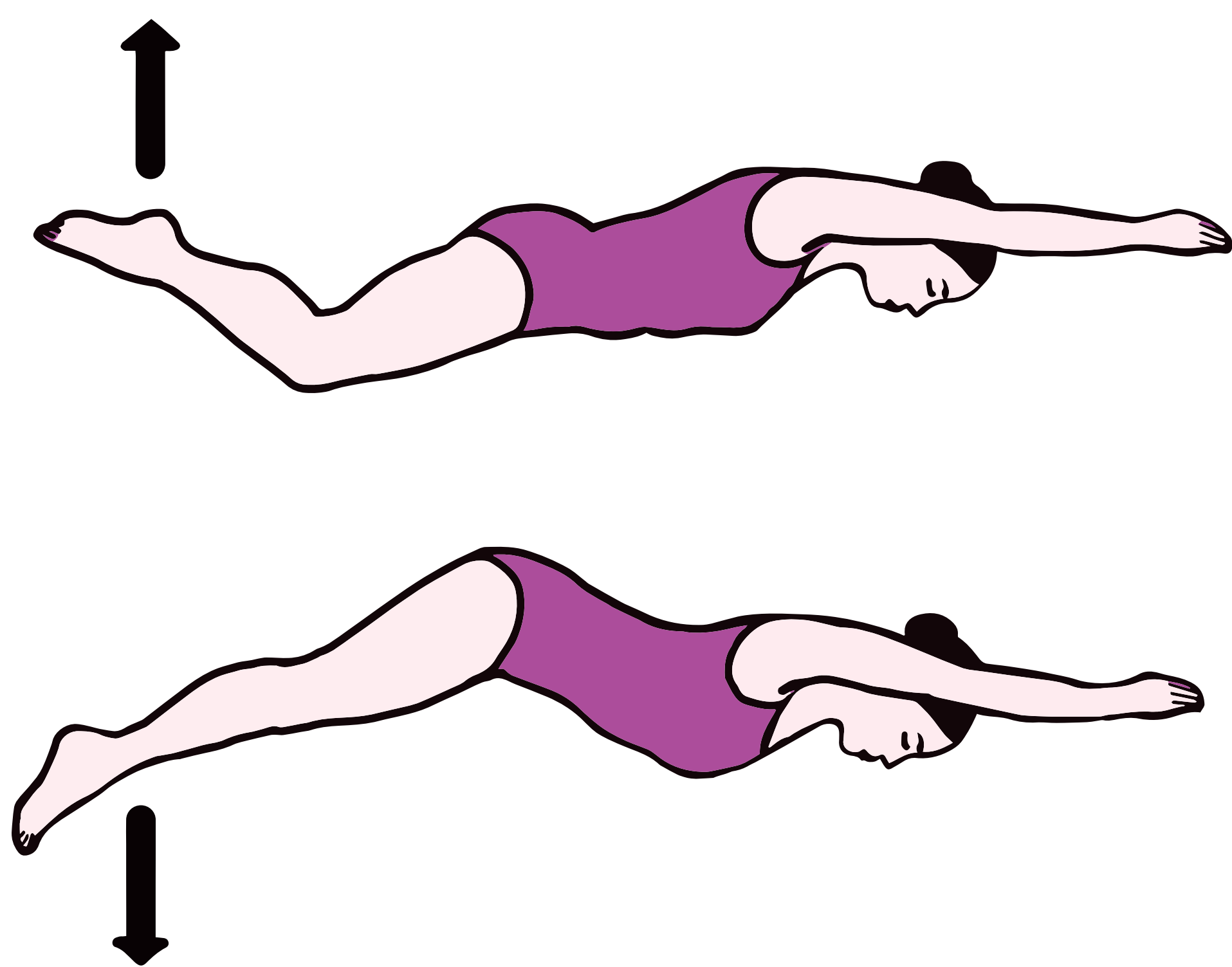
le nageur pousse l'eau, ce qui crée une différence de pression entre devant lui et derrière lui. Pour la réduire, il faut être le plus horizontal possible et fendre l'eau.

**Le frottement de l'eau sur le corps**, qui est réduit avec un bonnet ou une combinaison, mais qui est plus faible sous l'eau qu'en surface.

**Les vagues** formées par les mouvements des bras et des jambes, qui sont réduites sous l'eau.



Mais les vagues créées par le nageur existent quand même sous l'eau et il faut savoir les réutiliser pour se propulser dans la nage d'ondulation ou coulée.



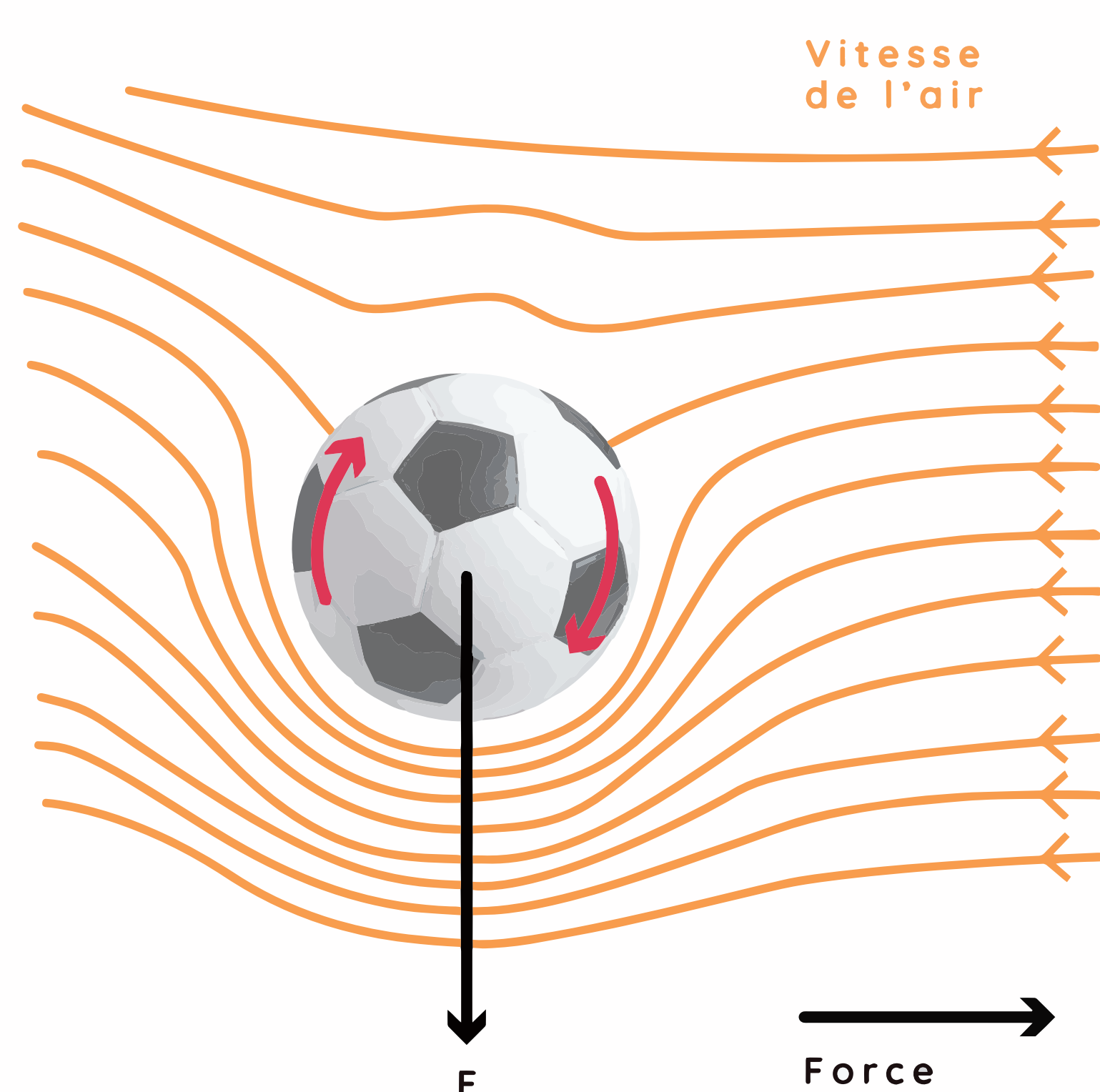
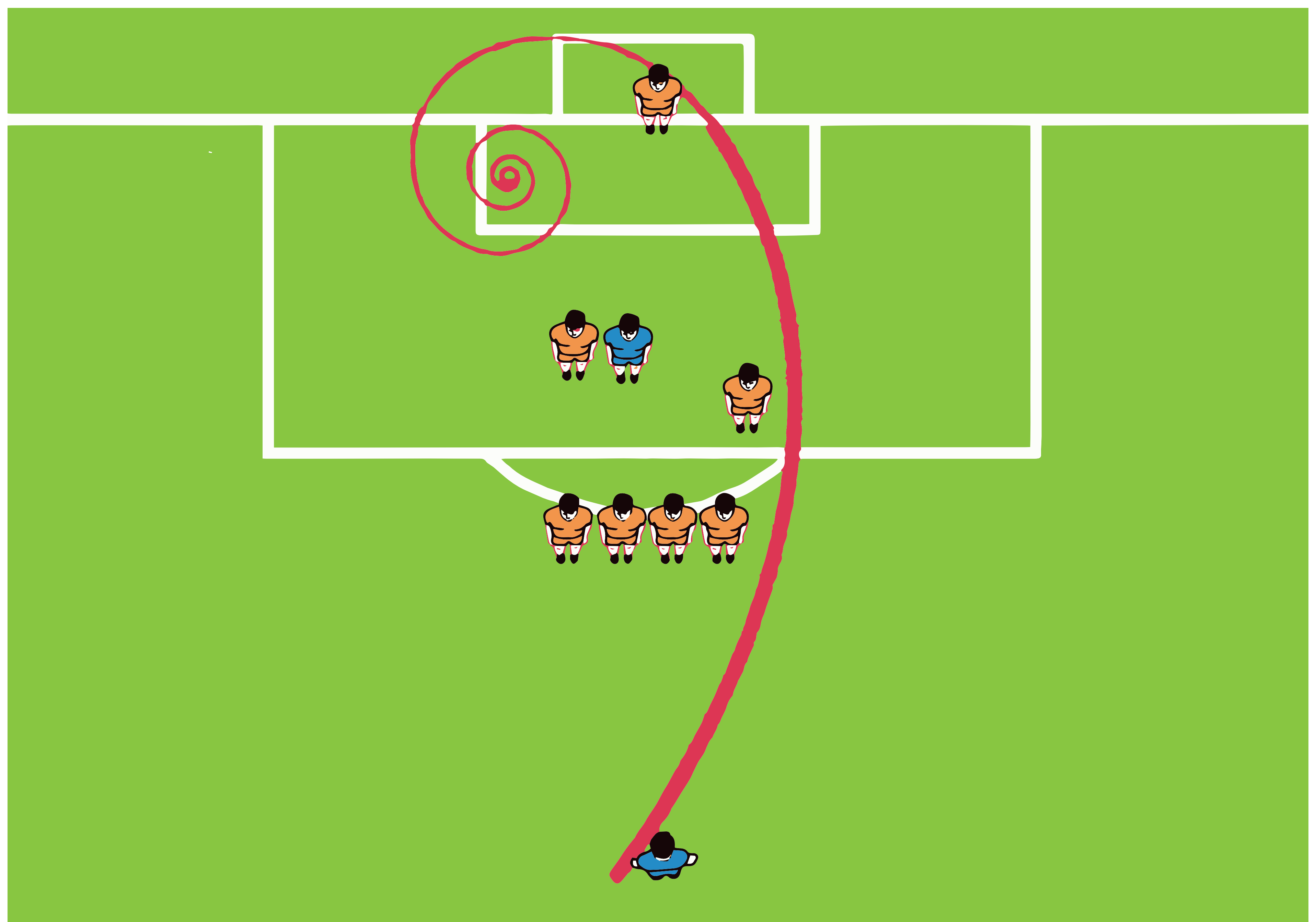
Dans une coulée, la nageuse repousse l'eau en ondulant et crée une vague derrière elle. L'eau à son tour repousse la nageuse, créant une poussée la propulsant vers l'avant. C'est **l'ondulation du dauphin**.

L'efficacité de la nage coulée a contraint la Fédération internationale de natation à limiter en compétition les coulées au départ ou après les virages à 15 mètres, au risque de disqualification.

# COMMENT LES FOOTBALLEURS RÉUSSISSENT-ILS LES COUPS FRANCS ?

Quand on donne un effet de rotation à la balle en la tapant, (frappe enroulée), la **trajectoire est une spirale**.

But tiré avec un effet Magnus : la balle contourne le mur, évite le goal et entre dans les buts. En trait moins épais, la fin de la trajectoire s'il n'y avait pas de but.



Etant donné la vitesse de l'air et la rotation du ballon, la vitesse est plus petite sur le haut du ballon que le bas. Par le principe de Bernoulli, la différence de vitesse crée une différence de pression donc une force qui dévie la trajectoire.

Rotation vers la gauche, trajectoire déviée vers la gauche, rotation vers la droite, trajectoire déviée vers la droite.

**Des effets semblables existent au tennis ou ping-pong, avec en plus le rebond.**

