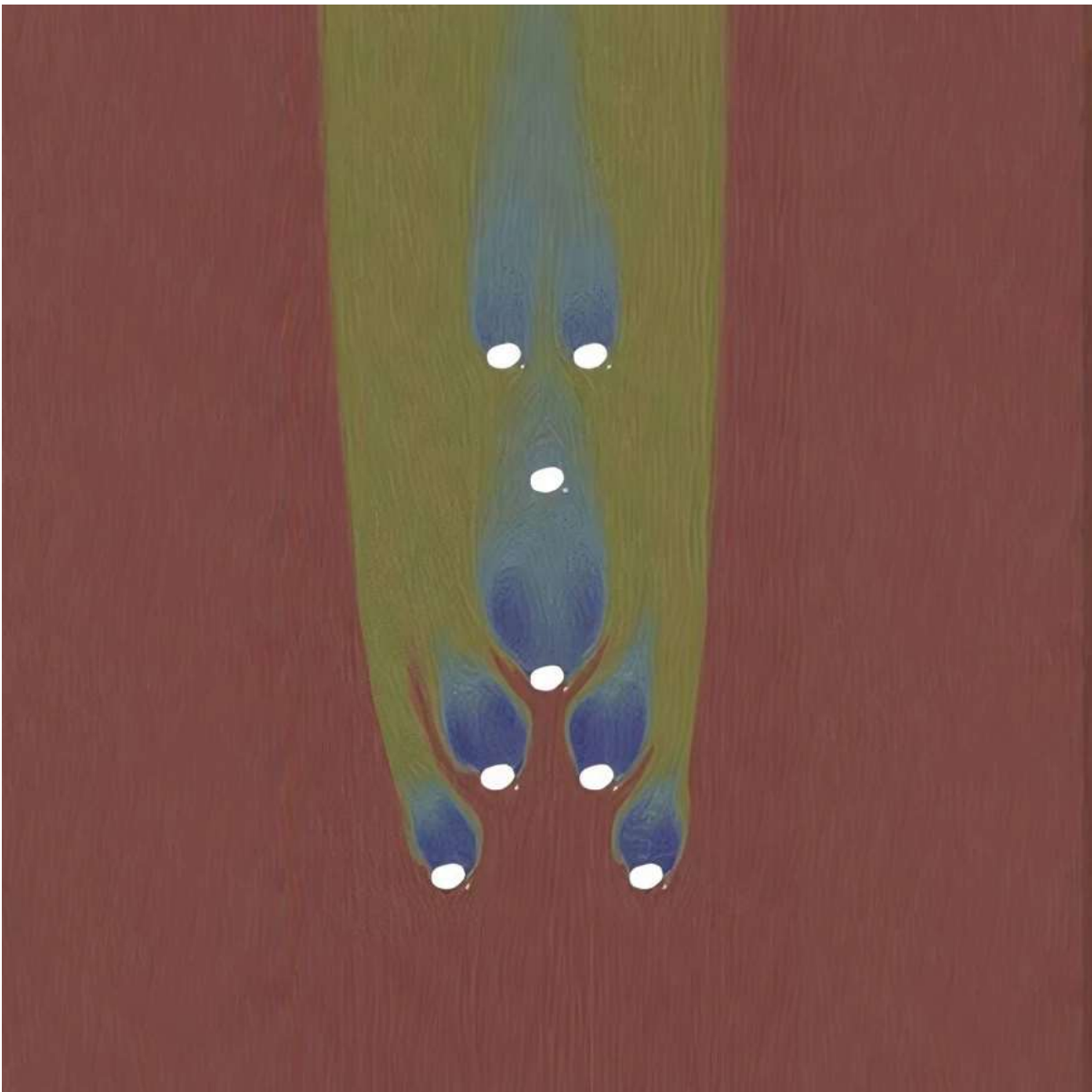


Quel impact a l'aérodynamisme en course à pied

Pechon Damien 4C3



Tutor: Harald Schleicher
Schuljahr 2023–2024

Table des matières

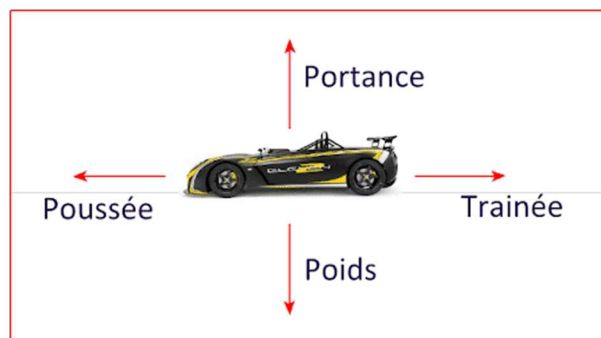
Introduction.....	1
Les bases de l'aerodynamisme.....	1
La portance.....	1
La poussée.....	2
Le poids.....	2
La Traînée	2
Les Facteurs de l'aérodynamisme en Course à pied	3
Le Drafting.....	4
Les vêtements.....	4
Analyser une image de résistance à l'air.....	5
L'effet de la position stratégique pour l'aérodynamisme	5
La référence : l'athlète seul.....	6
1:59 Challenge	6
Était-ce vraiment la meilleure formation?	8
Comment calculer la résistance à l'air	8
Comment déterminer le coefficient de trainée (Cd) ?.....	9
Comment calculer le facteur (A).....	10
Comment déterminer le facteur p.....	11
Calcul final de la résistance à l'air	11
Conclusion	12
Sources	13

Introduction

J'ai choisi ce sujet car étant un coureur de demi-fond je me suis intéressé à améliorer de meilleures performances. De manière scientifique j'avais alors cherché et souvent plusieurs domaines que la nutrition, l'entraînement, le mental. Mais en observant d'autres sports j'ai remarqué que dans les sports de vitesse, on parlait souvent d'aérodynamique. J'ai alors essayé de découvrir dans ce travail l'impact de l'aérodynamique dans la course à pied.

Les bases de l'aérodynamisme

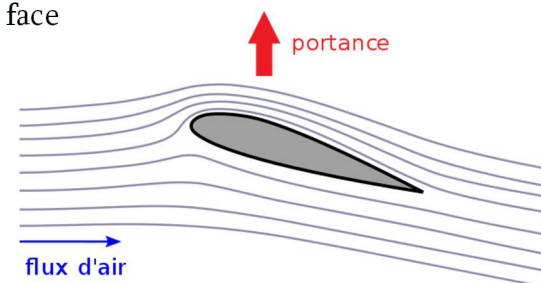
L'aérodynamique est une branche de la dynamique des fluides qui étudie les écoulements d'air, et leurs effets sur des éléments solides.



La portance

La portance est une force qui se produit quand un corps est placé dans un écoulement d'air (ou d'eau). Il subira alors une force aérodynamique (ou hydrodynamique dans le cas d'un écoulement d'eau.). Pour l'analyse, on décompose cette force en une composante parallèle au vent relatif : la traînée, est une composante perpendiculaire au vent relatif. (Le vent relatif est un terme technique qui décrit le vent subi par un objet en mouvement)

- Pour une *voile*, la portance est dirigée de l'intrados (la face « au vent », concave), vers l'extrados (la face « sous le vent », convexe).
- Pour une aile d'avion, la portance est dirigée de l'intrados (la face inférieure), vers l'extrados (la face supérieure). Dans les conventions des avionneurs (les fabricants d'avions) la portance s'exerce à angle perpendiculaire au vecteur vitesse ; elle n'est donc verticale que lorsque le corps en mouvement est en translation horizontale (en vol de croisière pour un avion). Les surfaces verticales sont conçues pour développer des portances latérales.
- Pour un planeur ou un avion en descente moteur coupé, la portance est alors légèrement orientée vers l'avant ; sa composante parallèle au vecteur vitesse est une poussée égale et opposée à la traînée. L'aile du planeur est alors propulsive.



[Illustration 3]

- est le coefficient de portance, qui dépend de la géométrie de l'aile ou de l'objet et de l'angle d'attaque.

La poussée

En aérodynamique, la poussée est la force exercée par le déplacement de l'air brassé par un moteur, dans le sens inverse de l'avancement. Ceci ne sera pas vraiment utile en course à pied. [1]

Le poids

Le poids est la force la plus simple, elle obéit à la loi de gravitation de Newton et elle tient donc la masse à la surface de la terre. Elle s'oppose à la portance.[1]

Le poids est une force qui résulte de l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre (ou toute autre planète) sur un objet. Il est défini comme la force avec laquelle un objet est attiré vers le centre de la Terre. Le poids est généralement mesuré en newtons (N) ou en livres (lb).[8]

La formule générale pour calculer le poids d'un objet est :

$$P = \frac{m}{g}$$

P représente le poids de l'objet en newtons (N).

m est la masse de l'objet en kilogrammes (kg).

g est l'accélération due à la gravité, généralement approximée sur la surface de la Terre. Cette valeur est unique sur terre.

Pour les objets en mouvement, la formule peut être ajustée pour tenir compte de l'accélération ou de la décélération de l'objet. [8]

Il est important de noter que le poids d'un objet peut varier en fonction de la gravité de l'endroit où il se trouve. Par exemple, le poids d'un objet sur la Lune serait différent de son poids sur la Terre en raison de la différence de gravité. [8]

La Traînée

La force de traînée est une force qui est parallèle à celle de la direction du fluide. Lorsque le corps passe à travers l'air, il divise l'air vers la gauche et vers la droite (ex : un coureur à pied) ,

ou au-dessus et en-dessous (ex : une aile d'avion), en forçant son chemin. L'air presse sur le corps lorsque le corps passe à travers, et la partie arrière de cette pression est appelée traînée aérodynamique.

L'air, comme tous les fluides, a une certaine viscosité. Ainsi, les molécules d'air qui sont en contact avec le corps collent à la surface ; elles sont stationnaires par rapport au corps. Lorsque le corps continue à travers l'air, d'autres molécules d'air passent à côté de ces molécules collées et circulent en couches autour du corps, en suivant des trajectoires parallèles. C'est ce que l'on appelle la couche limite laminaire. La viscosité de l'air signifie que ce passage crée une force de cisaillement, ou résistance de frottement.

À un certain point, sur presque tous les objets, le flux laminaire ne peut pas être maintenu et les molécules d'air se mélangent au lieu s'écouler de manière fluide. Le point de transition est l'endroit où commence cette couche limite de turbulence.

En raison de sa masse, l'air en déplacement a une inertie, il ne peut pas suivre facilement les changements de forme rapides, telles que les surfaces à forte courbure. Dans ces conditions l'air se sépare du corps, créant des zones de basse pression qui « tirent » sur la surface, contribuant à davantage de traînée aérodynamique.

Si le bord de fuite du corps ne parvient pas à regrouper l'air à nouveau, il y a un flux bloqué, une région d'air en recirculation qui a une faible pression. Cette faible pression tire à nouveau sur la surface, ajoutant encore plus de traînée.

Ainsi dans le cas du 1:59 challenge Eliud Kipchoge devait se trouver dans cette zone de basse pression pour pouvoir profiter au maximum à la protection au vent et ainsi se faire aspirer par la personne qui est devant lui. [1]

Les Facteurs de l'aérodynamisme en Course à pied

- La surface frontale du corps, c'est-à-dire la partie en contact avec l'air. Plus la surface frontale est grande, plus on ressent une résistance de l'air
- La vitesse, car la traînée aérodynamique augmente avec celle-ci. Plus on court vite et plus la force de résistance de l'air devient importante. Plus la vitesse augmente plus le vent devient important (le choc entre les molécules de l'air et le corps devient plus fort)
- La posture qui peut influencer la façon dont l'air circule autour du corps. Une posture aérodynamique peut alors aider à réduire la traînée en minimisant la résistance frontale.
- Le drafting

Le Drafting

En course à pied, la technique de drafting est une stratégie utilisée par de nombreux marathoniens et athlètes de haut niveau visant à réduire leur traînée aérodynamique en se positionnant derrière un autre coureur (ou un groupe de coureurs).

Cette technique est également utilisée dans d'autres sports tels que le cyclisme et la natation.

Les sportifs cherchent alors à profiter de l'effet de blocage pour réduire la résistance de l'air et, par conséquent, pour économiser leur énergie.

En effet, en se plaçant derrière un autre coureur, une partie de l'air sera alors déviée sur les côtés de son corps, ce qui permettra de réduire la traînée aérodynamique.

Cette solution aide donc à courir plus efficacement, car on consacre moins d'énergie pour résister au vent ou à l'air. Métaphoriquement, on se sert de l'athlète de devant pour ouvrir un chemin dans l'air et faciliter sa course. Cette stratégie peut être utilisée pour les courses de longue distance où la fatigue peut jouer un rôle important ou pour les courses de vitesse (plus la vitesse est plus élevée plus l'aérodynamique joue une importance) ou encore par conditions venteuses. [2]

Elle permet une économie d'énergie significative et de raccourcir son temps de course, sous réserve d'être bien appliquée.

En effet le drafting c'est de se positionner de façon stratégique, c'est-à-dire juste derrière un coureur et à une distance rapprochée, mais sécuritaire et légale et faire preuve de concentration et de réactivité en étant attentif aux mouvements et changements de rythme du coureur de devant, afin d'être en mesure d'ajuster rapidement votre position pour rester parfaitement dans son sillage il faut anticiper les virages et obstacles qui peuvent entraîner des mouvements brusques, afin d'être toujours prêt à adapter votre position.

Identifier le bon moment, c'est-à-dire celui qui vous permettra de bénéficier le plus de l'effet de blocage, dans des moments où la vitesse est la plus élevée (descente, route, piste...) où quand le vent est fort. En côte l'aérodynamique joue un rôle moindre car en côte la vitesse est réduite que sur du plat où en descente sauf si les conditions météorologiques sont venteuses.

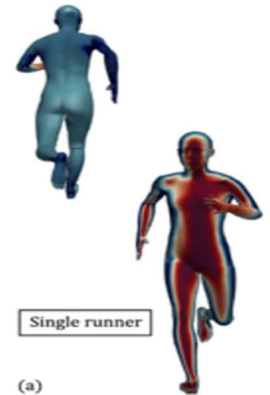
Tout de même les bénéfices du drafting seraient plutôt négligeables pour les vitesses en-dessous de 14 km/h à moins qu'il y soit un vent important. En plus de ces bénéfices en matière de résistance à l'air le drafting peut avoir des bénéfices mentaux. Le coureur suivant un autre se donnera l'objectif de rester juste derrière lui, ce qui peut encourager le suiveur à surmonter la douleur et se fixer sur cet objectif en plus d'avoir un avantage celui de profiter de la protection au vent de celui qui est juste devant. [2]

Les vêtements

Courir avec un short de compression vous rend plus aérodynamique. La silhouette profilée créée par un short ajusté et lisse réduit la traînée. D'après une étude de référence publiée dans la revue Medicine & Science in Sports and Exercise, « une faible réduction de la résistance aérodynamique » peut entraîner une augmentation des performances. Et c'est particulièrement bénéfique dans les sports de vitesse comme la course à pied.

Analyser une image de résistance à l'air

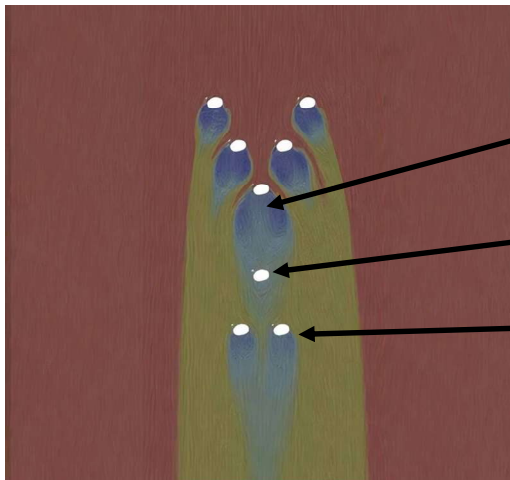
Les couleurs de cette image sont très importants. Le rouge signifie qu'il y a beaucoup de vent et au contraire le bleu signifie qu'il y a beaucoup de vents.



L'effet de la position stratégique pour l'aérodynamisme

En 2021, c'est adidas et KTM E-TECHNOLOGIES qui ont mené une étude, ils ont choisi un modèle féminin de 1m65, Sur cette image on peut remarquer l'effet de la résistance de l'air par position.

La formation en ligne est la plus classique et offre une bonne réduction : -70% à 1,2m derrière le coureur de tête, -60% à 1,5m -43% à 3m. Cette formation a l'avantage de couvrir les parties génératrices de la majorité de la force aérodynamique : le torse et les jambes. Concernant les autres formations, le V, comme le triangle ne sont pas efficaces pour couvrir le torse et les jambes. [2]



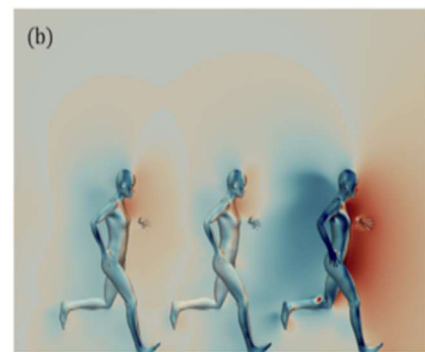
Ici on voit quel impact a un lièvre sur la quantité de vent que recevra le coureur principal (formation du V inversé utilisé dans le Ineos 1:59 challenge).

Coureur principal (celui qui doit être protégé par le vent)

Ces deux coureurs à l'arrière sont présents pour réduire la traînée du coureur principal

Cette première formation laisse fuir de l'air entre les 2 coureurs tandis que la seconde diminue la pression dans le dos ce qui la rend moins avantageuse (cela représente une aspiration vers l'arrière). Ces formations, bien que moins efficaces, amènent quand même respectivement un gain d'économie de course de 2% et 1,6%.

La formation en ligne est la plus classique et offre une bonne réduction : -70% à 1,2m derrière le coureur de tête, -60% à 1,5m -43% à 3m . Cette formation a l'avantage de couvrir les parties génératrices de la majorité de la force aérodynamique : le torse et les jambes.[2]



La référence : l'athlète seul

KTM a d'abord calculé un large panel de vitesse de 15 à 36km/h. On va juste s'intéresser aux vitesses entre 15 et 21km/h qui sont les plus crédibles pour les courses de fond. Pour ces vitesses, la puissance « perdue » aérodynamiquement représente entre 2,6% et 4,5% de la puissance métabolique totale. La puissance métabolique totale qui est calculée à partir de la puissance émise par un coureur puis elle est divisée par le poids du coureur donc elle est exprimée en w/kg, donc avoir une foulée plus économique permet à un athlète de courir à une vitesse proportionnellement plus rapide pour un même coût énergétique. [2]

Sur l'illustration on peut remarquer l'exposition au vent d'un coureur seul. Comme on peut se l'imaginer que l'avant du corps et les bras ont un effet important sur l'aérodynamisme alors que l'arrière et les côtés ont un plus faible impact. [2]

1:59 Challenge

Le but du Challenge 1:59 était de promouvoir les nouvelles chaussures carbonées Nike qui devaient révolutionner la course à pied. La stratégie marketing de Nike était donc de promouvoir leurs nouvelles chaussures Vaporfly que portera Eliud Kipchoge courant le Marathon en moins de 2 heures. Ce qui serait une première.

Disposition des coureurs dans la soufflerie de l'Université de technologie de Eindhoven. Eliud Kipchoge est représenté en tant que coureur jaune, tandis que les coureurs orange sont les lièvres.

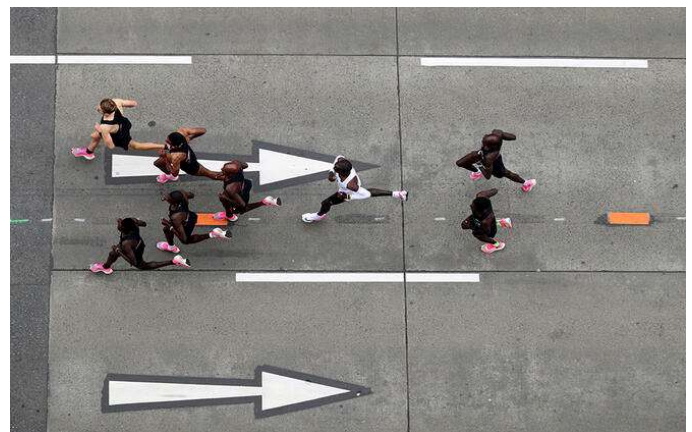
L'athlète kényan Eliud Kipchoge est devenu la première personne à terminer un marathon en moins de deux heures lors du défi appelé INEOS 1:59 Challenge. Le champion olympique et détenteur du record du monde du marathon a arrêté le chronomètre après 1 heure, 59 minutes et 40 secondes. La tentative de record a été réalisée dans les meilleures conditions possibles, notamment une disposition spéciale des coureurs entourant Kipchoge afin de minimiser la résistance à l'air autant que possible. La performance supérieure de cette formation a été confirmée par des tests en soufflerie et des simulations informatiques réalisés par le professeur Bert Blocken de l'Université de technologie de Eindhoven et de la KU Leuven.

Jamais auparavant un être humain n'avait réussi à courir un marathon en moins de deux heures. Kipchoge avait déjà tenté cela en mai 2017 sur le circuit de Formule 1 à Monza, en Italie. Sa performance de deux heures et 25 secondes était impressionnante, mais juste au-dessus de la limite magique. Aujourd'hui, au Prater Hauptallee de Vienne, il a réussi, en partie grâce à des recherches aérodynamiques approfondies menées à l'Université de technologie de Eindhoven. Les "lièvres" servent non seulement de lièvres, mais ils protègent également les favoris du vent. Un seul lièvre peut réduire la résistance à l'air. La formation dans laquelle ces lièvres courent détermine la réduction totale de la résistance à l'air qui peut être obtenue. Lors de la précédente tentative de record à Monza, les lièvres couraient en triangle devant l'athlète, réduisant la résistance à l'air d'environ 70 pour cent. Pour réduire cela encore davantage, plus de cent formations ont été analysées à l'aide de simulations informatiques par le spécialiste de l'aérodynamisme Robby Ketchell d'AvantCourse (États-Unis), puis par le chercheur Bert

Blocken de l'Université de technologie de Eindhoven et de la KU Leuven. Les formations les plus optimales de cette analyse ont ensuite été testées dans la soufflerie de l'Université de technologie de Eindhoven. Contre toute attente, la formation d'un V inversé avec sept lièvres devant l'athlète et trois derrière lui, proposée par Robby Ketchell, s'est avérée être la variante la plus optimale. Cela a réduit la résistance à l'air de Kipchoge sur papier de 85 pour cent par rapport à un coureur sans lièvres. Blocken : "Deux séries de simulations informatiques indépendantes et les tests en soufflerie ont clairement montré que cette formation était la meilleure. C'était nécessaire pour convaincre les coureurs de cette disposition." Cette comparaison montre clairement comment le V inversé de la soufflerie a été mis en pratique lors de la tentative de record. Les lièvres arrière et deux lièvres avant ont finalement été omis pendant la compétition. Leur effet sur la résistance à l'air est très limité et ils compliquaient le changement de lièvres pendant la compétition. [3]



La formation peut sembler contre-intuitive, mais selon Blocken, l'explication est logique. "Les lièvres doivent supporter une résistance à l'air plus élevée en raison de la résistance à l'écoulement de l'entonnoir, qui maintient l'athlète Kipchoge à l'abri du vent. En cyclisme, une formation en triangle est généralement utilisée à l'avant du peloton. C'est une bonne formation lorsque vous voulez minimiser la résistance à l'air pour tout le monde dans le groupe autant que possible. Cependant, pour ce record de marathon, il s'agit uniquement de minimiser la résistance à l'air pour Eliud Kipchoge, pas pour le lièvre. Alors, ce V inversé est supérieur." En plus de la formation des lièvres, les chercheurs ont examiné la distance entre les lièvres eux-mêmes et entre les lièvres et l'athlète. L'effet d'un cycliste à côté de l'athlète (qui lui fournissait nourriture et boisson) a également été testé en soufflerie, tout comme l'effet d'une voiture conduisant devant les lièvres avec une grande horloge montrant les temps de course. [3] [4]



Après de longues recherches les organisateurs se sont entendu sur un V inversé. Ils ont également cherché le parcours le plus optimal possible avec les plus longues lignes droites puis avec des virages peu serrés et bien sûr avec une protection au vent naturels tels que les arbres ou habitations. [4]

Les positions des lièvres et de Eliud Kipchoge devaient être comme dans la soufflerie c'est pour ça que des rayons laser indiquaient la position à suivre de chacun. [3]

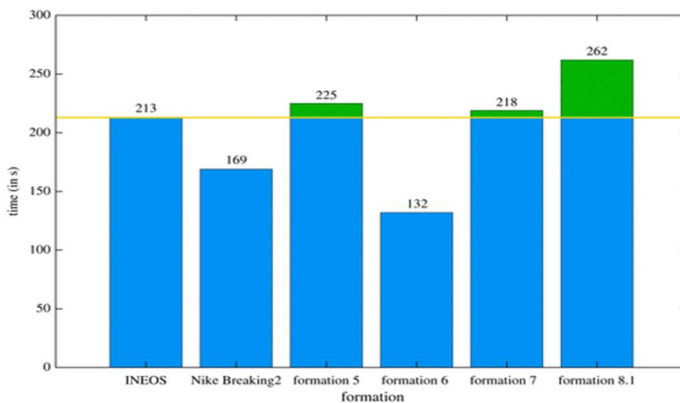
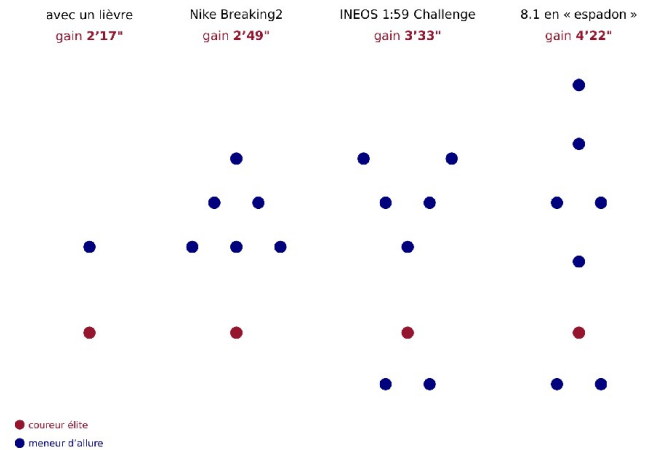


Était-ce vraiment la meilleure formation?

L'exploit de Kipchoge a surtout été un exploit technologique et scientifique. Mais était-ce vraiment la meilleure formation.

Selon « Marro Massimo, Leckert Jack, Rollier Ethan, Salizzoni Pietro and Bailly Christophe 2023 Wind tunnel evaluation of novel drafting formations for an elite marathon » [5]

En effet, l'on remarque que 3 formations donnent une meilleure protection au coureur protégé. La formation en espadon permet de gagner 49 secondes par rapport à la formation utilisée lors du Ineos 1:59 Challenge qui avait vu descendre Kipchoge en dessous de la barre mythique des deux heures [5]



Comment calculer la résistance à l'air

La formule de la résistance à l'air dépend du contexte spécifique, mais généralement, elle est donnée par la formule de la résistance aérodynamique, également appelée force de traînée. Cette formule est souvent exprimée de la manière suivante :

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

Où :

F_d représente la force de traînée (la résistance à l'air),

C_d est le coefficient de traînée, qui dépend de la forme de l'objet et de sa rugosité,

A est la surface frontale de l'objet,
 ρ est la densité du fluide à travers lequel l'objet se déplace (dans ce cas, l'air),
 v est la vitesse de l'objet par rapport à l'air.

Cette formule est utilisée dans le domaine de la mécanique des fluides pour calculer la résistance à l'air que subit un objet se déplaçant à travers un fluide, comme un véhicule, un avion, ou même un objet en chute libre.

Le coefficient de traînée, souvent noté C_d , c'est un paramètre utilisé pour quantifier la résistance d'un objet à l'écoulement d'un fluide, comme l'air ou l'eau. Il mesure l'efficacité avec laquelle l'objet peut minimiser la traînée aérodynamique ou hydrodynamique lorsqu'il se déplace à travers ce fluide.

Comment déterminer le coefficient de traînée (C_d) ?

$$C_d = \frac{F_{trane}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2}$$

La formule générale pour le coefficient de traînée (C_d) dépend du type d'objet et de l'écoulement fluide, mais une forme courante de la formule es.

Où

F_{trane} est la force de traînée exercée sur l'objet

ρ est la masse volumique du fluide (air ou eau) à travers lequel l'objet se déplace

A est la surface de référence de l'objet

v est la vitesse relative de l'objet par rapport au fluide.

Cette formule est utilisée principalement en aérodynamique pour les objets se déplaçant dans l'air, mais elle peut également être adaptée pour l'hydrodynamique pour les objets se déplaçant dans l'eau.

Exemple de calcul

Supposons qu'une voiture a une force de traînée de 500 N lorsqu'elle se déplace à 25 m/s. La surface frontale de la voiture est de 2 m² et la masse volumique de l'air est de 1,2 kg par mètre cube. Nous pouvons calculer le coefficient de traînée (C_d) comme suit :

$$C_d = \frac{500 \text{ N}}{\frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{m}^2 \cdot (25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$C_d = \frac{500 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m}^2 \cdot (25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$C_d = \frac{500}{750} \cdot \frac{\text{m}^4 \cdot \text{s}^2 \cdot \text{kg}^2}{\text{m}^4 \cdot \text{s}^2 \cdot \text{kg}^2}$$

$$C_d = 0,67$$

Pour supprimer les unités pendant un calcul, vous pouvez simplement diviser ou multiplier chaque terme de l'équation par les unités appropriées pour qu'elles s'annulent entre elles. Nous voyons que les unités sont N (Newton) pour la force de traînée, kg/m³ pour la masse volumique, m² pour la surface, et $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ pour la vitesse. Pour annuler les unités, nous devons nous assurer que chaque terme dans le dénominateur et le numérateur a les mêmes unités, de sorte qu'elles se divisent et se simplifient.

Nous avons 500 N dans le numérateur, nous devons donc annuler cette unité avec une unité de force dans le dénominateur. La force est divisée par la surface (m²), donc nous devons laisser m² en haut.

Nous avons $1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dans le dénominateur, nous devons annuler cette unité avec une unité de masse volumique dans le numérateur. La masse volumique est multipliée par la surface (m²), donc nous devons laisser m² en haut.

Nous avons $(\frac{\text{m}}{\text{s}})^2$ dans le dénominateur, nous devons annuler cette unité avec une unité de vitesse dans le numérateur. La vitesse est multipliée par la surface (m²), donc nous devons laisser m² en haut.

Après avoir effectué ces opérations, les unités N, kg/m³ et m/s se sont toutes annulées, laissant seulement le coefficient de traînée (C_d) comme résultat.

Comment calculer le facteur (A)

La formule pour calculer le facteur A pour des objets deux dimensionnels il faut calculer l'aire de la forme. En effet le facteur A également connu sous le nom de surface de référence, dépend de la forme de l'objet. Voici quelques exemples de formules pour différents types d'objets. Pour déterminer le facteur A il faut calculer son air si la forme est carrée on peut utiliser la formule longueur x hauteur.

Pour un objet tridimensionnel, le calcul de la surface de référence peut être un peu plus complexe car il faut considérer toutes les faces exposées à l'écoulement de l'air. Une approche courante consiste à diviser l'objet en surfaces plus simples et à calculer la somme des surfaces de chacune de ces surfaces. Voici une approche générale pour calculer la surface de référence d'un objet tridimensionnel : Diviser l'objet : Divisez l'objet en sections plus simples. Cela peut impliquer de séparer l'objet en formes géométriques telles que des rectangles, des triangles, des

cercles, etc. Calculer la surface de chaque section : Pour chaque section, utilisez les formules appropriées pour calculer sa surface. Par exemple, pour un rectangle, utilisez la formule longueur x largeur, pour un cercle, utilisez la formule de l'air, etc. Additionner les surfaces : Une fois que vous avez calculé la surface de chaque section, ajoutez-les ensemble pour obtenir la surface de référence totale de l'objet. Cette approche nécessite souvent des calculs et une visualisation plus avancée, en particulier pour des objets complexes. Dans certains cas, des logiciels de modélisation 3D ou des outils de simulation peuvent être utilisés pour simplifier ce processus.

Comment déterminer le facteur p

La masse volumique de l'air peut être calculée en utilisant la formule suivante :

Où :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ représente la masse volumique de l'air,
 m représente la masse de l'air, et
 V représente le volume occupé par l'air.

La masse volumique de l'air varie en fonction de la température, de la pression et de l'humidité atmosphériques. Pour des conditions standard, la masse volumique de l'air à la température de 15°C et à la pression atmosphérique normale (1013.25 hPa) est d'environ 1.225 kg par mètre cube.

Cependant, si vous avez besoin de calculer la masse volumique de l'air dans des conditions non standard, vous pouvez utiliser des équations de gaz parfait ou des données expérimentales pour prendre en compte les variations de température, de pression et d'humidité.

Calcul final de la résistance à l'air

Calcul : Le coureur à pied

Estimer le coefficient de traînée pour un coureur à pied est un peu plus délicat, car cela dépend de plusieurs facteurs tels que la posture du coureur, la tenue vestimentaire, la vitesse, que le mouvement des jambes, des bras etc. Cependant, on peut utiliser des valeurs typiques basées sur des études et des simulations.

Pour un coureur à pied dans une posture aérodynamique typique de course, le coefficient de traînée peut varier entre environ 0.8 et 1.2. Cependant, il est courant d'utiliser une estimation généreuse de pour un coureur à pied dans des conditions normales de course.

Donc, la résistance à l'air pour un coureur à pied se déplaçant à 20km/h serait d'environ 22.48 N

Pour interpréter la valeur calculée (22.48 N dans cet exemple) représente la force exercée par l'air sur la voiture lorsqu'elle se déplace à une vitesse de 5.56 m/s.

Cette force agit dans la direction opposée au mouvement de la voiture.

La résistance à l'air ralentit la voiture. Plus la force de traînée est grande, plus la voiture doit dépenser d'énergie pour maintenir sa vitesse. [10] [11]

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0.5m^2 \cdot 1,2 \cdot (5,56 \frac{m}{s})^2$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot 0.5m^2 \cdot \frac{1,2kg}{m^3} \cdot \frac{5,56m^2}{s^2}$$

$$F_d = \frac{57963}{6250} \cdot kg \frac{m}{s^2}$$

$$F_d = \frac{57963}{6250} N$$

Conclusion

L'aérodynamisme joue un rôle minime mais non négligeable car les différences entre chaque athlète sont minimes. Sur un marathon on peut gagner 2 à 3 pourcents ce qui peut représenter plusieurs minutes sur un marathon. Ces gains ne peuvent pas être sous-estimés car les courses se gagnent souvent sur une accumulation de détails qui font des secondes ou des minutes sur les courses. Bien-sûr que l'aérodynamisme ne joue pas un rôle aussi important que dans d'autres sports où les vitesses sont plus élevées tels que le cyclisme ou les sports automobiles. Mais l'aérodynamisme doit toujours rester dans le coin de la tête pour ajuster des tactiques aux conditions climatiques ou profiter de la protection d'un concurrent.

Sources

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9rodynamique>
- [2] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929021002372>
- [3] <https://nieuws.kuleuven.be/en/content/2019/ku-leuven-and-tu-eindhoven-helped-to-break-the-marathons-two-hour-barrier>
- [4] <https://www.ineos159challenge.com/performance/formation>
- [5] <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspa.2022.0836>
- [6] <https://www.kaggle.com/code/rasaff57/metabolic-power#>
- [7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_tra%C3%ACn%C3%A9e
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient
- [9] <https://www.leifiphysik.de/mechanik/stroemungslehre/grundwissen/uebersicht-ueber-die-stroemungslehre>
- [10] <https://www.leifiphysik.de/mechanik/stroemungslehre/grundwissen/stroemungswiderstand-und-crmw-wert>
- [11] <https://www.leifiphysik.de/mechanik/stroemungslehre/grundwissen/dynamischer-auftrieb-und-crma-wert>