2021 **ARGON 18** E-119 TRI+ DISG LIVRE BLANC: ANALYSE AÉRODYNAMIQUÉ **AVEC NOTIO**

TABLE DES MATIÈRES

E-118 Tri+ vs E-119 Tri+ Disc · 32

5.5

1.0	Introduction · 3	
2.0	Notio et tests sur la piste · 6	
2.1	Équations de puissance · 7	
2.2	Calcul du CdA avec Notio · 9	
2.3	Le CdA · 10	
2.4	Différentes méthodes de détermination du CdA · 12	
	2.4.1 CFD · 12	
	2.4.2 Soufflerie · 12	
	2.4.3 Notio sur la route · 13	
	2.4.4 Notio sur la piste · 14	
3.0	Détails des tests · 15	
3.1	Configuration du vélo · 17	
3.2	Cycliste · 17	
3.3	Paramètres des tests · 17	
3.4	Hypothèses · 18	
3.5	Tests réalisés · 19	
	3.5.1 Sphères · 19	Équipe
	3.5.2 Comparaison des cadres · 19	
	3.5.3 Modification du positionnement · 19	Pierre Legay
	3.5.4 Comparaison d'équipement · 20	Analyste structurel et CFD, Argon 18
4.0	Résultats · 21	Simon Demers
4.1	Sphères · 22	Ingénieur électrique, Notio
4.2	Comparaison des cadres · 23	
4.3	Effet de la modification du positionnement · 25	Joffrey Renaud
4.4	Comparaison d'équipement · 26	Testeur, Spécialiste en composites, Argon 18
4.5	Comparaison avec les tests sur route · 27	
4.6	Améliorations de la performance aérodynamique 🕟 28	Dominique Fortin
		Soutien mécanique et moral, Argon 18
5.0	Analyse · 30	
5.1	Réalisations des objectifs du E-119 Tri+ Disc · 30	Heather Campbell
5.2	Effet du lacet · 30	Rédaction, Argon 18
5.3	Suivi du positionnement · 31	
5.4	Capteur de vitesse · 32	François Maisonneuve

Photographie, design graphique

1.0 INTRODUCTION

Synthèse du projet

-

Lancé en 2016, le **E-119 Tri+** était jusqu'ici notre vélo de triathlon doté des systèmes les mieux intégrés, de la meilleure ergonomie et du meilleur aérodynamisme. C'est d'ailleurs encore le vélo de choix des triathlètes d'élite lors des grandes courses. C'est pourquoi, au lieu de simplement lui ajouter des freins à disque, nous avons décidé de faire table rase pour aborder sa mise à jour avec le même souci d'innover et offrir à nos athlètes un nouveau vélo phare dans cette catégorie. De cette démarche est né le **E-119 Tri+ Disc**: un vélo de nouvelle génération, équipé de freins à disque, comme son nom l'indique, avec un cockpit encore plus facile à configurer et des profils de tubes optimisés pour un aérodynamisme supérieur; un vélo capable de répondre à tous les critères de performance et aux besoins des triathlètes de haut niveau.

1.0 INTRODUCTION

Notre processus de design : du concept à la production

_

Les vélos **Argon 18** prennent vie grâce à notre approche unique de design et de production. La conception, la simulation, la création de prototypes, les tests et la fabrication se déroulent selon un processus qui vise à fournir à nos athlètes le meilleur produit possible. Avant de fabriquer un nouveau vélo, comme le **E-119 Tri+ Disc**, nous le soumettons à des phases rigoureuses de modélisation, de prototypage et de tests pour qu'il atteigne nos critères de performance et surtout, réponde aux exigences des athlètes.

À cet égard, l'évaluation de l'aérodynamisme est un point névralgique du développement, ce qui est d'ailleurs le cas pour tous les grands fabricants de vélo. Argon 18 profite toutefois d'un avantage : le dispositif NOTIO qui permet d'obtenir le CdA (coefficient de traînée aérodynamique) lors de tests réalisés en conditions réelles. Les données recueillies servent au développement des produits et à leur validation, une fois le design terminé. Même si l'évaluation de la performance aérodynamique du E-119 Tri+ Disc a été réalisée à l'aide d'analyses CFD et de tests de prototypes en soufflerie, la majorité des tests présentés dans ce document ont été effectués avec le dispositif NOTIO.

Le nouveau **E-119 Tri+ Disc** offre jusqu'à 10 W d'avantage par rapport au **E-119** de la génération précédente, compte tenu de l'optimisation du cadre, du degré d'intégration qu'il offre et de sa compatibilité avec des composants aérodynamiques de pointe, tels que les roues. On peut également aller chercher un avantage supplémentaire en se servant de la plage d'ajustement étendue du nouveau cockpit pour optimiser la position du cycliste. Pris dans son ensemble, le nouveau **E-119 Tri+ Disc** peut procurer un avantage aérodynamique total allant jusqu'à 17W si l'on considère le vélo et le cycliste comme un système complet.

1.0 INTRODUCTION

Critères de performance du E-119Tri+ Disc: intégration, aérodynamisme et positionnement

Les grands axes du projet **E-119** étaient les suivants :

- 1 · Intégrations multiples : étriers de freins et conduites hydrauliques, trousse d'outils et boîte Bento conçue pour les Ironman, leviers de freins avec réservoir de fluide intégré à l'intérieur du guidon;
- 2 · Aérodynamisme : amélioration de la géométrie des tubes en fonction des contraintes aérodynamiques et ergonomiques, par exemple un boîtier de pédalier élargi pour accueillir une trousse d'outils:
- **3** · Positionnement et ergonomie : cockpit renouvelé en collaboration avec 51 Speedshop pour optimiser la position en selle.

Il est à noter que, dans les prochaines sections, nous évaluons l'aérodynamisme du vélo au complet (avec cycliste) au lieu de présenter les résultats de décisions individuelles pour certains segments du vélo (fourche, cockpit, etc.). Il n'en demeure pas moins que l'intégration d'éléments individuels (étriers de frein, réservoir et conduites hydrauliques), évaluée à l'aide d'analyses **CFD**, a été un volet déterminant de l'aérodynamisme global du vélo. Nous avons aussi inclus le positionnement et l'ajustabilité dans nos tests, comme indiqué à la section 4.3.





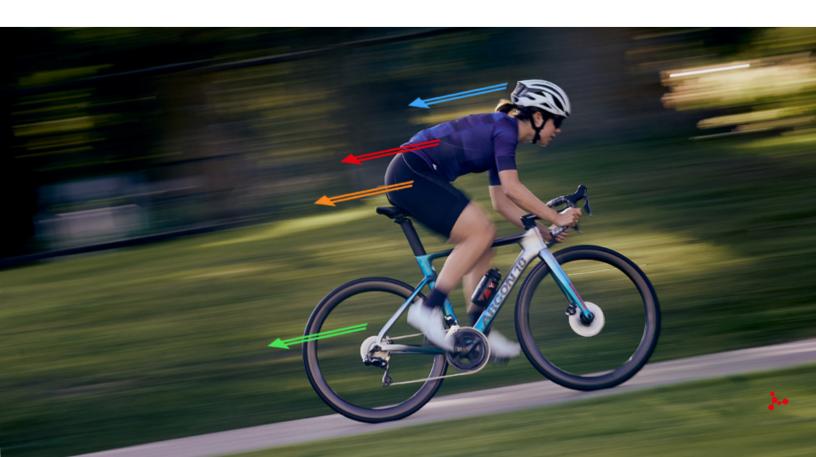
L'aérodynamisme du **E-119 Tri+ Disc** a été évalué avec le dispositif **NOTIO** au vélodrome de Milton en Ontario, en juillet 2020. Les sections suivantes présentent les équations de base utilisées dans le calcul du **CdA** et le processus de captation des données avec **NOTIO**.

2.1 Équations de puissance

Équation 1 > Équation de la puissance aérodynamique



Figure 1 > Résistance ressentie par un cycliste Résistance de l'air + Résistance à l'accélération + Résistance au gain d'altitude + Résistance au roulement/mécanique



Le calcul de l'aérodynamisme fourni par **NOTIO** repose sur l'équation de puissance (équation 1). L'équation décrit la répartition de la puissance de pédalage du cycliste avec les éléments suivants :

- Pathlète est la puissance de pédalage mesurée par le capteur de puissance;
- représente l'efficacité de la transmission. Un pourcentage de la puissance de pédalage se perd en raison de la friction entre la chaîne, les plateaux et les pignons;
- sont les puissances perdues par la résistance au roulement (friction des pneus sur la chaussée) et la résistance des roulements du moyeu;
- est la puissance requise pour gagner de l'altitude (en montée) ou celle que le cycliste reçoit (en descente);
- est la variation d'énergie cinétique; elle est positive en phase d'accélération et négative en phase de décélération;
- Paéro est la puissance perdue en raison de la résistance à l'air (ou traînée aérodynamique).

Cette équation ne tient pas compte de la force de freinage; elle n'est donc valide que lorsque le cycliste ne freine pas.

La résistance aérodynamique se calcule ainsi:

Equation 2 > Calcul de la résistance aérodynamique
$$P_{A\acute{e}ro} = \frac{1}{2} \rho \cdot v_{AirFlow}^2 \cdot v_{Athlèle} \cdot c_{d}^A$$

C'est ici qu'intervient le **CdA**, où **p** représente la densité de l'air, **V**Athlète la vitesse du cycliste et **V**AirFlow la vitesse de l'air autour du corps du cycliste en mouvement (équivalent à la vélocité du cycliste en l'absence de vent).

2.2 Calcul du CdA avec Notio

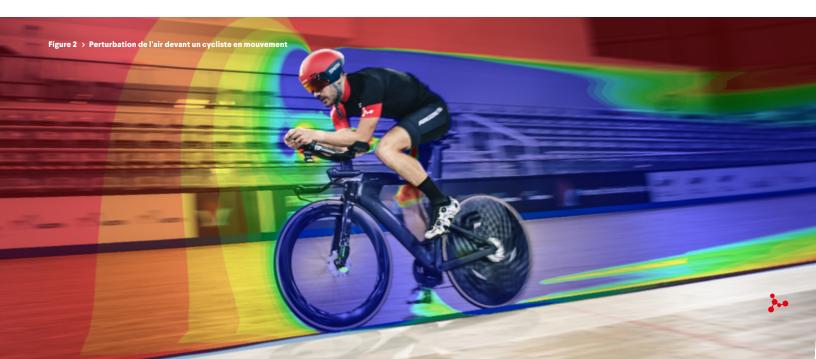
NOTIO est un aéromètre embarqué qui détermine le **CdA** en roulant. L'appareil, fixé à l'avant du vélo et relié à un système de capteurs, mesure divers paramètres qui influencent l'aérodynamique du cycliste. Ces données sont transmises à l'application **NOTIO** qui les analyse pour fournir le **CdA** du cycliste (voir référence 6).

NOTIO recueille la majorité des données pour calculer le **CdA** à l'aide de l'équation de puissance. La vitesse du cycliste, mesurée par le capteur de vitesse, est utilisée dans les variables **P**_{Aero}, **P**_{RR}, **P**_{WB} et **P**_{KE}, **V**_{AirFlow} est mesurée avec le tube de Pitot (le tube visible à l'avant du **NOTIO**), **P**_{Athlète} provient directement du capteur de puissance, et le gain d'altitude utilisé dans le **P**_{Ae} est mesuré principalement avec le baromètre.

Il faut d'autres données pour compléter l'équation : le poids total du cycliste et du vélo qui interviennent dans P_{RR} , P_{KE} , P_{AG} et le coefficient de résistance au roulement et l'efficacité de la transmission. Ces deux derniers paramètres sont difficiles à mesurer sans équipement de laboratoire, mais on trouve des données de qualité dans la littérature (Références 2 et 3).

Pour obtenir des données précises, il est nécessaire de calibrer le tube de Pitot du **NOTIO**. Comme nous l'avons expliqué précédemment, nous devons mesurer **V**Airflow, la vitesse réelle de l'écoulement de l'air, qui n'est pas perturbée par le cycliste, ce qui est impossible à faire directement, à moins que nous soyons en mesure de positionner l'appareil **NOTIO** quelques mètres devant ou sur le côté du cycliste (voir figure 1). La stratégie de calcul consiste donc à utiliser un coefficient d'étalonnage qui est déterminé sur la route en faisant un aller-retour en supposant que la vitesse du vent reste la même pendant les deux étapes du trajet, et sur la piste, en supposant que la vitesse du cycliste est égale à la vitesse de l'air.

Avec ces données, **NOTIO** peut calculer le **CdA** dès que le cycliste se met en mouvement. Il ne faut toutefois pas oublier que la valeur instantanée peut fluctuer en raison de la variabilité dans la précision des différents capteurs. Il faut une distance minimale pour obtenir des données précises et fiables : 3 km sur la route et 8 tours (2 km) en piste.



2.3 Le CdA

Comme nous l'avons mentionné, le **CdA** joue un rôle dans l'équation indiquée à l'équation 3. Il mesure l'aérodynamisme d'un corps, ici le cycliste sur son vélo. Plus le **CdA** est bas, meilleur est l'aérodynamisme. Si nous prenons une version simplifiée de l'équation indiquée plus haut (aucune augmentation d'altitude, vitesse constante, aucun vent, aucune perte de transmission ou de roulement):

Équation 3 > Calcul simplifié de la résistance aérodynamique

$$P_{Athlète} = \frac{1}{2} \rho \cdot v_{Athlète}^3 \cdot C_d^A$$

En supposant que la puissance du cycliste reste constante si le **CdA** diminue, pour que l'équation reste valide, il faut que le cycliste ait accéléré.

	Puissance du cycliste	CdA	Environnement	Densité de l'air	Coefficient de résistance au roulement	Efficacité de la transmission	Vélocité du cycliste	Différence de temps avec référence sur 10 km	Commentaires
	PAthlète			ρ	μ	η	^V Cycliste		
	w	m²	-	kg/m³	-	-	km/h	-	
Condition de référence	300	0,300	25°C niveau de la mer	1,184	0,002	0,96	41,30	0s	
Cycliste avec les mains sur le guidon au lieu de position CLM	300	0,375	25°C niveau de la mer	1,184	0,002	0,96	38,35	+67s	La position de CLM permet un gain signifi- catif par rapport à la position sur le guidon
Vitesse par temps froid	300	0,300	5°C niveau de la mer	1,269	0,002	0,96	40,36	+20s	En hiver, la vitesse diminue beaucoup en raison de la température Haute altitude
Essai en haute altitude	300	0,300	25°C 2000m	0,941	0,002	0,96	44,59	-64s	Montre pourquoi les tentatives de record de l'heure se font souvent en altitude
Efficacité inférieure de la transmission	300	0,300	25°C niveau de la mer	1,184	0,002	0,94	41,00	+6s	
Pneus avec une résistance au roulement supérieure	300	0,300	25°C niveau de la mer	1,184	0,004	0,96	40,40	+19s	
Puissance du cycliste inférieure	250	0,300	25°C niveau de la mer	1,184	0,002	0,96	38,71	+58s	

Tableau 1 > Exemple des effets de divers paramètres sur le CdA

L'avantage d'utiliser le **CdA** au lieu de la force de traînée est que, dans certaines conditions, il demeure « constant » et ne dépend que du positionnement du cycliste, de l'équipement et de la forme du vélo. Il permet de comparer simplement l'aérodynamisme entre les vélos et les positionnements.

Nous écrivons « constant », mais par souci de précision, il faudrait dire « la valeur qui varie le moins », parce qu'en réalité elle change selon la vitesse du flux d'air et le lacet (direction de l'air par rapport au cycliste). Les figures 3 et 4 (page suivante) donnent des exemples de ces variations de **CdA** pour un cycliste.



Figure 3 > Effet du lacet sur le CdA du cycliste

Pourcentage de variation du CdA par rapport à 0° de lacet

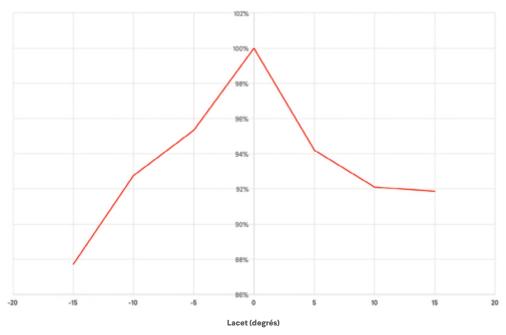
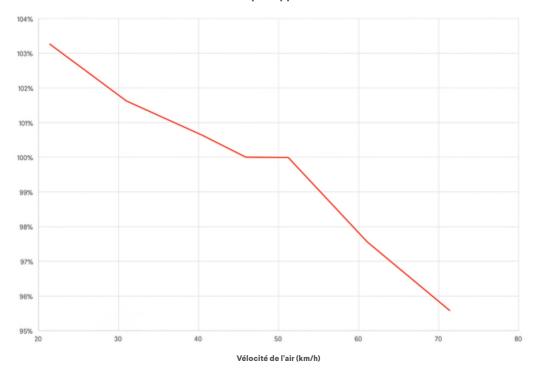


Figure 4 > Effet de la vitesse d'écoulement sur le CdA du cycliste

Variation du CdA par rapport au CdA à 50km/h





2.4 Différentes méthodes de détermination du CdA

Il y a plusieurs façons de calculer ou d'estimer le CdA.

2.4.1 CFD

CFD signifie « Computational Fluid Dynamics » (dynamique des fluides numériques). La CFD se sert de modèles numériques pour simuler l'écoulement d'air autour du cycliste et ainsi calculer plusieurs indicateurs, dont le CdA. Ce n'est pas une mesure du CdA à proprement parler, mais une manière de le prévoir. L'avantage de la CFD, c'est qu'on peut s'en servir en amont du design pour évaluer plusieurs solutions sans avoir à fabriquer et à tester des prototypes onéreux. Pouvoir visualiser le flux ou séparer la traînée dans certaines sections du vélo aide à comprendre les forces aérodynamiques autour du vélo et à en peaufiner le design. Ces modèles représentent toutefois une simplification de la physique réelle de l'air et du comportement du cycliste. Même si la CFD donne une très bonne indication de la direction à prendre, il faut quand même valider les résultats qu'elle fournit à posteriori.

2.4.2 Soufflerie

Dans les tests de soufflerie, on applique un écoulement d'air contrôlé au cycliste et au vélo, et on mesure la traînée avec des capteurs de force. Le vélo est souvent maintenu en place sur une structure où le cycliste (ou mannequin) peut pédaler. La structure peut aussi pivoter pour appliquer des angles de lacet.

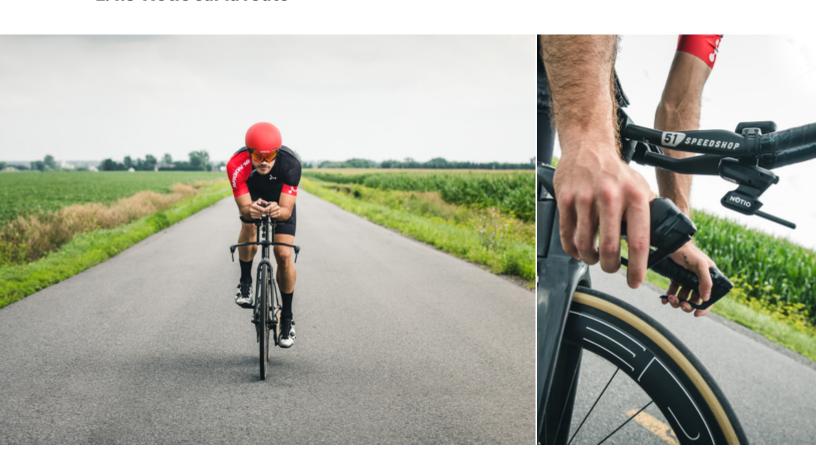




La soufflerie permet de saisir de très légères différences entre les configurations, jusqu'à 0,2 % du **CdA** du cycliste. Elle permet notamment de calculer le **CdA** avec le lacet, chose impossible avec d'autres méthodes en conditions réelles. Grâce aux prototypes en plastique, il est possible de tester diverses configurations sans avoir à fabriquer un moule coûteux pour disposer d'un vrai vélo. Argon 18 a réalisé ce type de tests avec prototypes pour le développement du **E-119 Tri+ Disc** et l'**Electron Pro TKO**.

Mais aussi précis soit-il, le test de soufflerie n'est pas représentatif des conditions réelles. Même si un cycliste (ou mannequin) pédale dans la soufflerie, la force qu'il appliquera sur les pédales ne sera pas la même que dans la réalité. Il se peut donc que la position pour un test de courte durée diffère de celle sur la route.

2.4.3 Notio sur la route



Les mesures avec l'appareil **NOTIO** présentent plus de variabilité sur la route, puisque l'environnement n'y est pas contrôlé. En effet, les vents latéraux, les rafales, les défauts de la chaussée et les changements de température jouent sur la précision. Si on se fie aux tests réalisés avec l'équipe **NOTIO**, elles se situent entre 1,5 et 2 % du **CdA** du cycliste. Malgré tout, cette méthode demeure la meilleure façon de représenter les conditions réelles, puisque ce sont... de vraies conditions. Avec un bon protocole, cette méthode calcule précisément les différences de positionnement ou d'équipement jusqu'à 1 % du **CdA** du cycliste.



2.4.4 Notio sur la piste

Les tests sur la piste avec **NOTIO** sont à mi-chemin entre la soufflerie et les tests sur route : le cycliste roule dans un environnement contrôlé, sans vent, et la surface de la piste est uniforme, sans dénivellation. Le nombre de variables pouvant influencer le résultat des tests est très faible. Cette méthode permet d'obtenir une précision inférieure à 1% du **CdA** du cycliste. Pour ces tests, la plus grande restriction est l'impossibilité d'utiliser des angles de lacet (voir section 5.2 à ce sujet).





Pour le **E-119 Tri+ Disc**, nous avons décidé d'utiliser principalement ce test (**NOTIO** sur la piste), puisque nous voulions bénéficier de conditions s'approchant le plus possible de la réalité. Grâce à nos multiples années d'expérience en développement de vélos aérodynamiques, nous savons que les différences sont à ce point minimes entre les modèles qu'il faut une grande précision pour les détecter. Pour pallier les limites de calcul du lacet, nous nous en sommes remis aux travaux supplémentaires réalisées avec la soufflerie et la **CFD**.



Pour obtenir des résultats fiables et précis, il est essentiel de configurer et de paramétrer les tests dans le but d'éviter toute variation provenant de facteurs externes. Par exemple, une variation dans la pression des pneus influencerait la résistance au roulement. Comme nous utilisons une valeur de résistance au roulement fixe, cette variable aurait un impact sur le **CdA** calculé. C'est pourquoi nous vérifions la pression des pneus avant chaque batterie de tests.



Vélos testés : (tous de taille medium)

- · Argon 18 E-119 Tri+ Disc
- · Argon 18 E-118 Tri+
- · Argon 18 E-119 Tri+ (jante)
- · Argon 18 E-117 Tri Disc





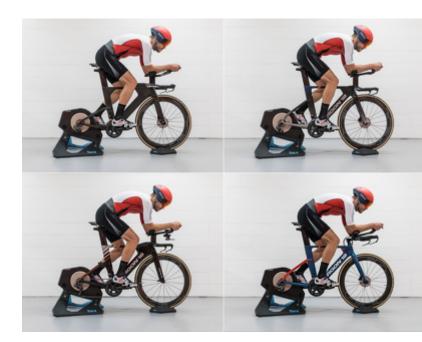
3.1 Configuration du vélo

Nous avons utilisé le même positionnement et les mêmes pneus pour tous les vélos afin d'éviter les variations provoquées par des différences de résistance au roulement. Nous avons également utilisé le même capteur de puissance à deux côtés sur tous les vélos, essentiel pour obtenir des résultats **CdA** précis. En effet, avec un capteur à un côté, la puissance mesurée est celle d'une seule jambe, on suppose ainsi que la puissance du cycliste est le double de celle mesurée. Or, c'est un manque de précision, puisque les cyclistes n'exercent pas tous la même force avec chaque jambe. Nous avons aussi utilisé la même chaîne et la même cassette dans tous les tests, en nous assurant de vérifier régulièrement la lubrification de la chaîne. Nous avons retiré les poignées des axes de roues. Enfin, nous nous sommes servis des mêmes roues pour les vélos équipés de freins à disque. Des rotors de 140 mm ont été utilisés. Pour le modèle **E-119 Tri +** avec freins sur jante, la roue était montée sur la même jante, avec un moyeu différent.

- · Pneus Vittoria Corsa G+ 700x25
- · Roues HED Jet Plus Black 6 & 9
- · Capteur de puissance de précision 4iiii deux côtés 170 mm Ultegra R8000 (52/36)
- · Chaîne Shimano HG701-11
- · Cassette Shimano Ultegra R8000 12/25
- · Disques Shimano RT-800 140 mm (avant et arrière)

3.2 Cycliste

Un seul cycliste a pris part aux tests: Joffrey Renaud, spécialiste en composites chez **Argon 18** et triathlète de longue distance, capable de maintenir sa position en selle durant toute la série de tests. C'est un élément essentiel, puisque la variation du CdA attribuable au positionnement peut dépasser largement celle que nous voulons mesurer entre les vélos. Joffrey portait les mêmes vêtements et le même casque pour tous les tests. Nous avons vérifié attentivement le positionnement sur les quatre vélos testés avant d'aller en piste, pour que le cycliste ait chaque fois exactement la même position.



3.3 Paramètres des tests

Nous avons gardé le même braquet pour tous les tests, puisque la position de la chaine peut influencer l'efficacité de la transmission. Le braquet choisi était tel que le cycliste pouvait maintenir puissance et cadence pour la durée de la série de tests. Nous avons utilisé le même capteur de vitesse et le même appareil **NOTIO**, dont nous avons réglé la position et l'angle avec précision avant chaque batterie de tests. Nous avons mesuré la circonférence des roues, ainsi que le poids du cycliste et du vélo en amont. Nous avons calibré le capteur de puissance après chaque installation, conformément aux procédures **4iii**.

Chaque valeur mesurée est le résultat de trois sorties. Une sortie équivalait à 12 tours, dont les deux premiers et deux derniers ne servaient pas au calcul du **CdA**, puisque le cycliste était en phase d'accélération ou de décélération, ce qui aurait influencé le résultat.



· Pression des pneus : 90 psi

· Puissance visée: 260 W à 270 W (vit. approx. 41 km/h)

· Braquets: avant: 52; arrière: 17

· Capteur de vitesse : Garmin Speed Sensor 1

· Circonférence des roues : 2105 mm

· Ordinateur: Garmin Edge 130

3.4 Hypothèses

Pour calculer le **CdA**, **NOTIO** a besoin de l'efficacité de la transmission et la résistance au roulement des pneus. Comme ces éléments sont difficilement mesurables, il faut faire une hypothèse sur leur valeur. L'efficacité de la transmission est le pourcentage de puissance transmise depuis les jambes du cycliste vers la roue arrière. La friction de la chaîne fait perdre quelques points de pourcentage. La résistance au roulement, quant à elle, représente la quantité de puissance perdue dans le contact des roues avec le sol. La valeur exacte de ces paramètres importe peu pour nos tests, tant que la valeur ne change pas (en raison de l'usure de la chaîne ou des variations dans la pression des pneus, par exemple). En effet, nous voulions mesurer la variation du **CdA** entre les tests, pas sa valeur absolue. Autrement dit, si nous avons une efficacité de transmission de 96 % et calculons une variation de 2 % du **CdA** entre deux configurations, nous calculons encore 2 % de variation en supposant 98 % d'efficacité de transmission. C'est la constance du pourcentage de variation qui importe.

Nous avons aussi supposé que la vitesse du centre de gravité du cycliste est égale à celle des roues, ce qui n'est pas vrai en raison de l'angle du cycliste dans les virages de la piste. Le cycliste doit s'incliner pour tourner, ce qui ralentit son centre de gravité par rapport aux roues et modifie les résultats. Après analyse des résultats, nous avons cependant déterminé que cette hypothèse avait très peu d'incidence sur les différences calculées entre les configurations.

Le capteur de mesure de la vitesse de l'air du **NOTIO** doit être également calibré. Grâce à des allers-retours sur route, on peut déterminer le facteur de correction entre la vitesse de l'air loin du cycliste et la vitesse de l'air calculée par **NOTIO**. En piste, nous supposons que la vitesse de l'air est égale à la vitesse du cycliste mesurée par le capteur de vitesse, parce qu'il n'y a aucun vent. Un facteur de calibration a été calculé pour chaque configuration durant chacune des répétitions de chaque test. Cette hypothèse est valide à la vitesse que nous maintenions (environ 40 km/h), mais à des vitesses plus élevées (environ 60 km/h pour les coureurs de poursuite, par exemple), il peut être observé que le vent créé par le cycliste autour de la piste a un effet sur les résultats.

- · Efficacité de la transmission (voir référence 2): 0,96
- · Coefficient de résistance au roulement (voir référence 3): 0,002



3.5 Tests réalisés

Pour ces tests, nous voulions bien sûr avant tout comparer les vélos de notre gamme, mais aussi en profiter pour détailler les procédures d'utilisation de **NOTIO** et les éléments mesurables en piste.

3.5.1 Sphères

Au départ, nous avons fait un test que nous réalisons pratiquement chaque fois que nous calculons les variations du **CdA** avec **NOTIO**: l'installation de sphères de divers diamètres dans l'axe avant du vélo. Le **CdA** des sphères est connu. Ainsi, si nous roulons avec puis sans elles et nous sommes capables de mesurer les différences prévues de **CdA**, c'est que le test est pertinent pour mesurer de telles différences. Le **CdA** des sphères a été déterminé par calcul manuel et vérifié durant les tests en soufflerie. Cette fois, nous avons utilisé deux sphères, l'une de 73 mm de diamètre avec un **CdA** de 0,004 m² et l'autre de 113 mm avec un **CdA** de 0,007 m². Elles ont été fixées à un bâton à 300 mm de la fourche. Grâce à la **CFD**, nous savons qu'à cette distance, l'influence du cycliste sur l'écoulement d'air est faible.

3.5.2 Comparaison des cadres

Nous avons d'abord testé trois vélos de triathlon, soit le **E-119 Tri+ (jante)**, le **E-118 Tri+** et le **E-117 Tri Disc**, pour les comparer au nouveau **E-119 Tri+ Disc**. Les tests ont d'abord été réalisés avec des vélos à nu (sans bidon, sac de selle, etc.). Nous avons ensuite comparé le **E-119 Tri+ Disc** et le **E-119 Tri+ (jante)** avec l'attirail nécessaire à un Ironman : nourriture, eau et trousse d'outils. Nous voulions voir si l'intégration de la boîte Bento et de la trousse d'outils avait un effet sur l'aérodynamisme du vélo.



3.5.3 Modification du positionnement

Développé avec **51 Speedshop**, le cockpit du **E-119 Tri+ Disc** est plus facile à régler que celui du **E-119 Tri+ (jante)**. Nous avons réalisé un test pour savoir si un léger repositionnement pourrait améliorer l'aérodynamisme du cycliste. Nos mécaniciens et notre spécialiste du positionnement, qui nous accompagnaient sur la piste, ont légèrement modifié l'angle des extensions (angle plus élevé) et la position de l'accoudoir pour que les mains du cycliste soient plus hautes. Le tout a pris moins de cinq minutes. Cette position est d'ailleurs celle adoptée aujourd'hui par la plupart des athlètes puisqu'elle est considérée comme étant plus aérodynamique.

3.5.4 Comparaison d'équipement

Les derniers tests servaient à évaluer la capacité de mesurer la performance aérodynamique de l'équipement avec le dispositif **NOTIO**. Lors des tests précédents, le cycliste portait un casque aérodynamique **Smith Podium TT**. Il a ensuite fait un test avec un casque de route (**POC Ventral Air Spin**). Nous avons fait de même pour deux ensembles de roues, avec comme référence les **HED Jet 6&9** pour chacun des tests. Ce sont des roues de milieu de gamme avec des surfaces de jante plates pour permettre le freinage sur la jante (même pour les freins à disque) qui ont été comparées à d'autres roues (roues B) pour freins à disque seulement, aux jantes plus larges et profilées, ce qui en général favorise l'aérodynamisme. Ces tests ont tous été réalisés sur un seul **E-119 Tri+ Disc**.

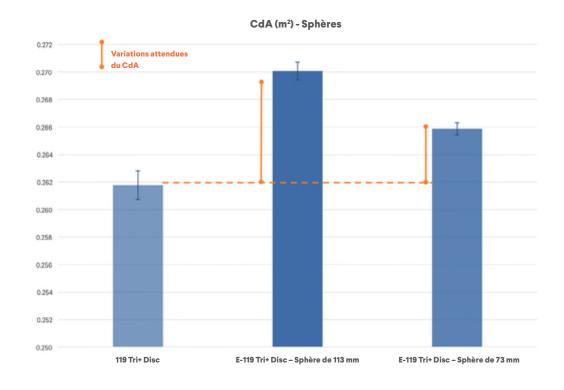






4.1 Sphères

Figure 5 > Résultats des tests avec les sphères



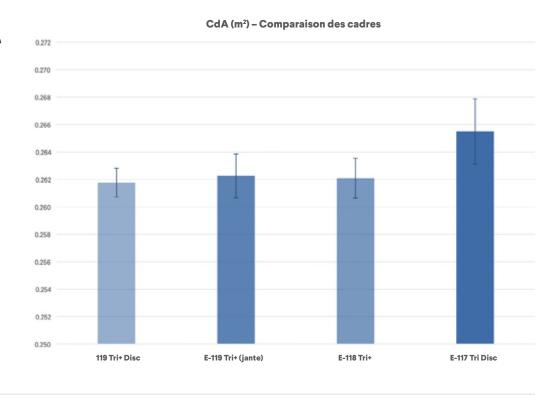
Les tests avec les deux sphères montrent que, selon notre protocole, nous pouvons calculer les variations attendues à $0,001\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{du}\,\mathbf{CdA}$. À noter que la variation entre chaque répétition (écart-type) est aussi de l'ordre $0,001\,\mathrm{m}^2$.





4.2 Comparaison des cadres

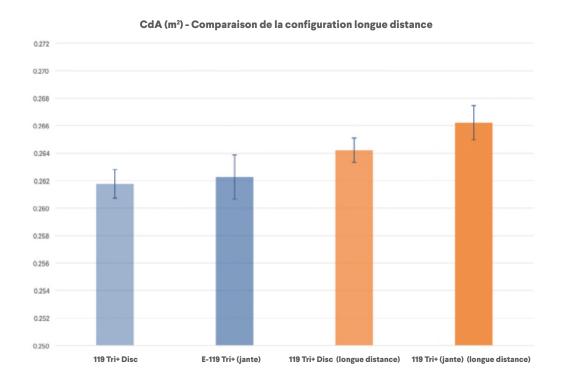
Figure 6 > Résultats de la comparaison des cadres



Si on en croit les résultats du **CdA**, il n'y a aucune différence significative entre les trois grands vélos aérodynamiques (**E-119 Tri+ Disc**, **E-119 Tri+ (jante) et E-118**). Cela ne veut pas dire qu'aucune différence n'existe, mais plutôt que la variabilité entre les tests dépasse celle entre les cadres (inférieure à 0,001 m² environ 1 W). La méthode utilisée n'arrive donc pas à mesurer la différence. On remarque toutefois un net écart entre le **E-117 Disc**, un vélo d'entrée de gamme sans cockpit intégré, et les trois autres (entre 0,003 et 0,004 m²).



Figure 7 > Résultats des tests en configuration longue distance



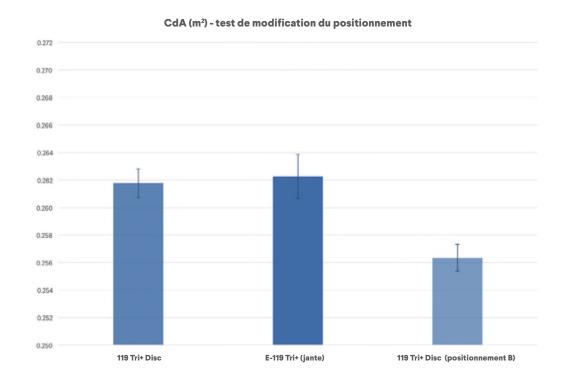
Les résultats en configuration longue distance (outils + nourriture + eau) démontrent un réel avantage pour le **E-119 Tri+ Disc**, de l'ordre de 0, 002 m². Notez que même si aucun test n'a été effectué avec le **E-118 Tri+**, on peut raisonnablement supposer que le **E-118 Tri+** configuré pour la longue distance aurait des performances semblables à celles du **E-119 Tri+ (jante)**, car le niveau d'intégration est similaire pour les deux vélos.





4.3 Effet de la modification du positionnement

Figure 8 > Résultats du test de modification du positionnement

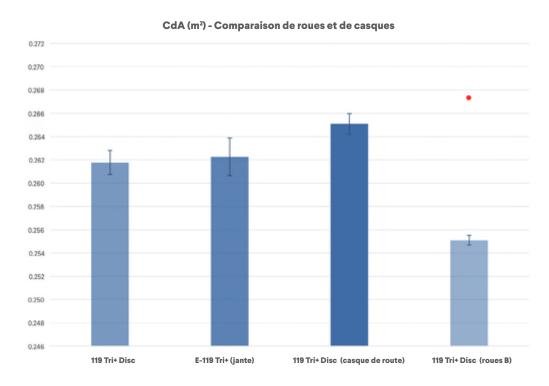


C'est le corps du cycliste qui influence le plus la force de traînée aérodynamique, d'où la nécessité de travailler sur le positionnement pour améliorer les performances. Pour ce test, nos mécaniciens et notre spécialiste du positionnement ont opté pour une position en théorie plus aérodynamique. Résultat : avec le nouveau cockpit, cette simple modification a permis une amélioration du **CdA** de plus de 2 %. On voit donc qu'avec le dispositif **NOTIO** et un cockpit facile à configurer, on peut améliorer la performance du cycliste en très peu de temps.



4.4 Comparaison d'équipement

Figure 9 > Résultats des tests de comparaison d'équipement



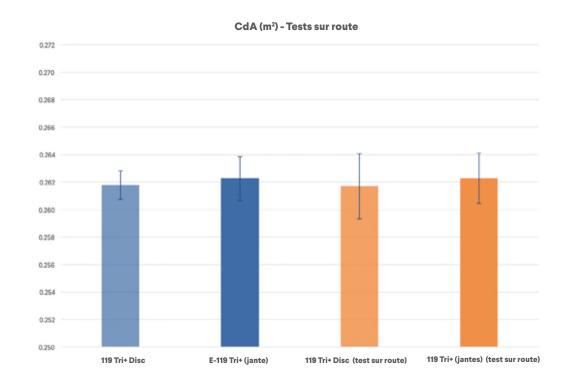


Sans surprise, les tests sur les roues et le casque ont donné les résultats escomptés : un casque de route est plus lent et des roues haut de gamme de nouvelle génération sont plus rapides. La différence a surtout été frappante pour le test avec les roues B, puisque le **CdA** du cycliste et du vélo a diminué de plus de 2 %. Considérant que le **CdA** du vélo compte pour environ 20 % du total, on peut dire que les roues B améliorent l'aérodynamisme par plus de 10 %. Cela montre l'avantage d'une jante de nouvelle génération, conçue pour améliorer le flux de l'air autour de la roue et du pneu. Pour le dernier test, nous avons enlevé un point de données, puisque la valeur obtenue s'éloignait beaucoup des autres (point rouge dans le graphique). Nous ne connaissons pas les raisons exactes de ce phénomène, mais il se peut que le cycliste ait adopté une autre position que celle de référence.



4.5 Comparaison avec les tests sur route

Figure 10 > Résultats de la comparaison avec les tests sur route



Nous avons comparé les tests en piste avec ceux sur route réalisés quelques jours auparavant. Nous n'avons pas utilisé les mêmes pneus et le même capteur de puissance que sur la piste. Sur la route, nous avons fait trois allers-retours pour chaque configuration sur un tronçon de 3 km. Il est intéressant de noter que les résultats obtenus sur la route ressemblent grandement à ceux enregistrés sur la piste, avec un écart-type légèrement supérieur. Cela montre bien toute l'efficacité de **NOTIO**, même dans un environnement moins contrôlé



4.6 Sommaire des améliorations de la performance aérodynamique

E-119 Tri+ Disc: les améliorations générales apportées au cadre, l'intégration des systèmes (freins, nutrition et kit d'outils) et la compatibilité avec des composants aérodynamiques de pointe. Cela inclut notre test avec des roues aérodynamiques pour freins à disque, car grâce au dégagement pneu/jante plus important qu'offre le nouveau E-119 Tri+ Disc, un plus grand choix de roues aérodynamiques peut être utilisé. Lorsque nous combinons ces avancées, nous constatons un avantage de 10W par rapport au E-119 Tri+ de génération précédente. Si l'on tient également compte des résultats de nos tests portant sur la position optimale du cycliste, basés sur la nouvelle plage d'ajustement offerte par le cockpit du E-119 Tri+ Disc, nous constatons que cet avantage augmente encore. Dans l'ensemble, le nouveau E-119 Tri+ Disc peut offrir un avantage aérodynamique allant jusqu'à 17W si l'on considère le système complet vélo/cycliste. Ces gains peuvent également être exprimés en temps ou en distance, comme le montre le tableau 2.

Tableau 2 > Résumé des gains réalisés au niveau de l'aérodynamique

		CdA Vélo et cycliste en configuration IM	Puissance nécessaire pour maintenir une vitesse équivalente	Vitesse @300W	Temps sur 90 km	
		m²	w	km/h	-	
Vélo de référence	E119 Tri + (jantes), E118 Tri +	0,266	300	44,12	2h2min22s	
	E119 Tri+ Disc	-0,002	-2	+0,11	-18s	
Gains du E-119 Tri+ Disc	Roues pour freins à disque de nouvelle generation	-0,007	-8	+0,39	-64s	
de nouvelle génération	Amélioration de la position du cycliste	-0,006	-7	+0,34	-56s	
	Gain total possible	-0,015	-17	+0,86	-2min20s	

Puissance développée par le cycliste = 300w Distance = 90km





5.0 ANALYSE

5.1 Réalisations des objectifs du E-119 Tri+ Disc

En regardant les résultats des tests sur piste, nous pouvons conclure que les grands objectifs du nouveau **E-119 Tri+ Disc** sont atteints: un vélo conçu pour les Ironman, un positionnement facile à régler; une intégration complète des freins à disque, de la boîte Bento et du kit d'outils, ainsi que la compatibilité du cadre avec des composants aérodynamiques de nouvelle génération, comme les roues. L'avantage aérodynamique de 10W que procure ce nouveau vélo démontre à quel point l'optimisation du vélo pour les conditions réelles de course, l'ajouts d'éléments centrés sur le cycliste, la mise à jour du cockpit et l'amélioration de la puissance de freinage associée aux freins à disques, permettent de réelles avancées par rapport au **E-119 Tri+** de génération précédente.

Nous constatons la popularité croissante sur le marché des vélos de triathlon équipés de freins à disques. Nous savons cependant que de nombreux athlètes s'inquiètent encore de la perte d'aérodynamisme liée à ces freins. C'est donc pour nous une grande fierté d'être les premiers à offrir des freins à disque intégrés! Sans la perte d'aérodynamisme, nos athlètes auront l'esprit tranquille avec, en prime, des freins de qualité. C'était notre objectif de proposer un vélo qui combine un aérodynamisme optimal tout en répondant aux besoins pratiques des triathlètes.

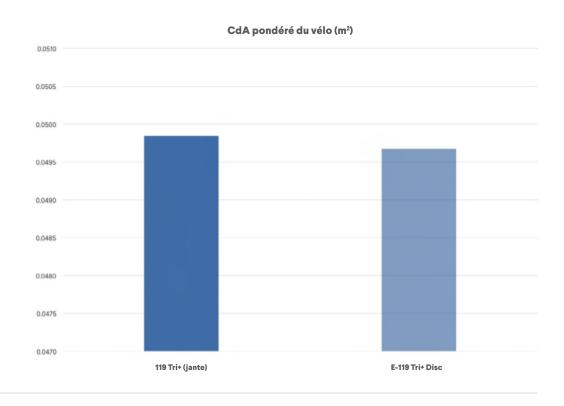
5.2 Effet du lacet

Ce document ne couvre pas l'effet de lacet. Dans ce domaine, nous devons donc nous fier aux données de la **CFD**. Durant la phase de développement, nous avons effectué des analyses **CFD** approfondies sur diverses parties du vélo : fourche, freins à disque, cockpit, cadre, etc. Ces analyses, réalisées à différents angles (de 15° à -15°), donnent chacune un **CdA**. Pour avoir un point de comparaison entre les différents designs, nous pondérons les données de chaque angle et additionnons les résultats. Cela donne un **CdA** moyen pour le vélo, c'est-à-dire le **CdA** du vélo durant une sortie « moyenne ». La pondération a été réalisée avec les données de SwissSide (voir réf. 4 et 5), données choisies par **Argon 18** pour la qualité de la méthodologie utilisée. Les résultats du **CdA** du vélo sont présentés dans le graphique suivant. Les analyses ont été effectuées avec le cycliste, sans qu'il ne pédale. Nous pouvons voir que même en tenant compte des angles de lacet, il n'y a aucune différence entre le **E-119 Tri+ (jante)** et le **E-119 Tri+ Disc** (vélo à nu), et ce, malgré la présence des freins à disque et les nouvelles capacités du vélo (moins de 0,1 % de différence par rapport au **CdA** vélo + cycliste).



5.0 ANALYSE

Figure 11 > Résultats de la CFD, CdA pondéré



5.3 Suivi du positionnement

L'un des points qui est ressorti des tests, est la nécessité de mieux suivre le positionnement pour éviter les écarts entre les résultats. L'anomalie détectée avec les roues B en est un bon exemple. Nous croyons, sans en avoir la preuve, que le cycliste a changé de position. En prenant par exemple des photos du cycliste à chaque tour, nous pourrions améliorer la précision des prochains tests sur cette piste, surtout lorsque les différences à calculer sont infimes.





5.0 ANALYSE

5.4 Capteur de vitesse

L'analyse des données brutes de vitesse a montré quelques chutes anormales provenant du capteur ; les données de vitesse ont donc nécessité de légères corrections. Nous n'avions pas remarqué ce phénomène auparavant sur la route, probablement parce que nous avons utilisé un capteur magnétique, dont le fonctionnement a été perturbé par la forte inclinaison des virages sur la piste.

5.5 E-118 Tri+ vs E-119 Tri+ Disc

Pourquoi préférer le **E-119 Tri+ Disc** au E**-118 Tri+**? À nu, le **E-118 disc** et le **E-119 disc** offrent des performances similaires. Mais dans un contexte d'une course Ironman, l'écart se creuse et pas seulement en matière d'aérodynamisme. À la base, le **E-118 Tri+** s'adressait surtout aux adeptes de triathlon courte distance ou de contre-la-montre (conforme aux règles de l'UCI), ou à ceux qui souhaitent un positionnement très agressif. Il comporte un guidon bas et étroit, sans espace de stockage pour la nourriture ou les outils, ni porte-bidon à l'avant. Le **E-119 Tri+ Disc**, lui, possède un cockpit plus ajustable, un guidon plus large, un espace pour la nourriture et les porte-bidons, et de nouvelles extensions, le tout, sans perte d'aérodynamisme. Les estimations basées sur nos données de tests sur piste donnent un avantage de 2W pour le **E-119 Tri+ Disc** (pour un cycliste avec un **CdA** de 0,266 m² qui développe 300W de puissance), avec l'équipement nécessaire à un Ironman complet.

Réferences

Référence 1: Validation of a mathematical model for road cycling power, J.C. Martin, D.L. Milliken, J.E Cobb, K.L. McFadden, A.R. Coggan, Journal of applied biomechanics, 1998

Référence 2: données sur l'efficacité de la transmission, https://www.cyclingabout.com/drivetrain-efficiency-difference-speed-between-1x-2x/

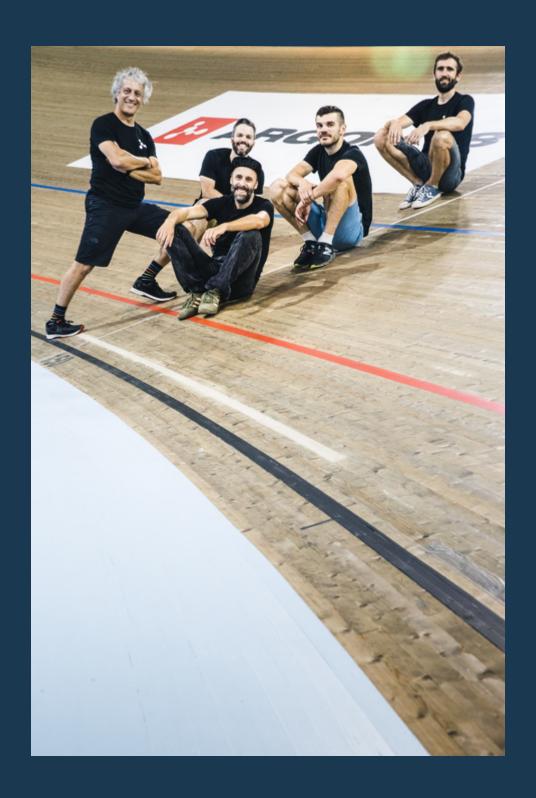
Référence 3: Vittoria Corsa G+ 2.0 données sur la résistance au roulement, https://www.bicyclerollingresistance.com/road-bike-reviews/vittoria-corsa-graphene2

Référence 4: Comparaison des méthodes de données moyennes de lacet, https://www.slowtwitch.com/Tech/Real_World_Yaw_Angles_5844.html

Référence 5: Données moyennes de lacet de SwissSide, https://www.swissside.com/blogs/news/the-swiss-side-instrumented-bike

Référence 6: Notio,







E-II9 TRI+ DISC

- **}**