

# Optimisations en Cyclisme sur piste: élasticité des cadres et aérodynamisme des casques

sujet proposé par : Rémi Carmigniani, Caroline Cohen, Christophe Clanet  
ENPC, École polytechnique  
et mené en collaboration avec la **Fédération Française de Cyclisme**

21 juillet 2020



## Contexte

En cyclisme sur piste, une place sur un podium aux Jeux Olympiques se joue systématiquement à quelques dixièmes de secondes. Pour maximiser les chances de médailles, tous les facteurs se doivent d'être optimisés. Dans cette thèse, nous nous concentrons sur deux facteurs physiques : l'élasticité des cadres et l'aérodynamisme des casques.

Cette thèse s'effectuera dans le cadre du projet national Sciences<sup>2024</sup> qui est un projet collectif des sciences fondamentales (mécanique, physique, mathématiques) dédié à la résolution de problèmes identifiés avec les sportifs pour les accompagner dans leur quête de médailles aux Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024. Elle est co-encadrée par deux Écoles (l'École polytechnique et l'École des Ponts) et menée avec la Fédération Française de Cyclisme (FFC).

## Descriptif du sujet

Ce sujet sur l'optimisation en cyclisme sur piste s'organise autour de deux axes : l'étude de l'élasticité des cadres et de l'aérodynamisme des casques.

### Elasticité des cadres



FIGURE 1 – Cycliste en danseuse en départ arrêté (a) et en course (b).

Lors d'un départ arrêté ou d'une accélération, un sprinteur se met en danseuse (voir fig.1) et exerce avec son guidon et avec son pédalier des couples de torsion qui déforment son cadre. Celui-ci se tord puis revient de façon visco-élastique dans sa position de départ. Une partie de l'énergie musculaire du coureur est ainsi perdue dans la déformation du cadre. Le but de la première partie de la thèse consiste à quantifier cette perte énergétique de façon à pouvoir la minimiser dans un second temps. Même si les modes de déformation élastique des cadres sont caractérisés [1], la mesure de la déformation dynamique de ces cadres lors d'une mise en danseuse n'a jamais été réalisée et l'impact de cette déformation sur la transmission de puissance est un domaine entièrement vierge. Il apparaît cependant que cette transmission peut jouer un rôle important sur la performance. En effet, on évalue entre 3% et 5% les pertes de puissance au démarrage.

Il n'est pas impossible que cette étude révèle que l'élasticité des cadres puisse être adaptée aux caractéristiques du pistard de façon à optimiser la transmission mécanique. A l'heure actuelle, cette adaptation n'est pas faite et tous les coureurs (hommes/femmes, sprinteurs/endurants) ont la même rigidité de cadre alors que des forces très différentes sont en jeu. Une attention particulière sera portée à cette question de l'adaptation du cadre au pistard en vue de l'optimisation du transfert des efforts.

Dans cette première partie, nous commencerons par mesurer sur le terrain les déformations du cadre d'un vélo lors d'un départ arrêté. Pour se faire, nous équiperons le cadre avec des jauges de contraintes et des accéléromètres afin de quantifier ses déformations élastiques, ses modes de vibration et le temps caractéristique sur lequel il relaxe. L'objectif est de quantifier la puissance dissipée dans la déformation lors d'un départ arrêté et de la comparer à la puissance fournie et à la puissance cinétique utile. Ces mesures seront complétées par une modélisation théorique qui nous permettra d'ajuster l'élasticité des cadres aux caractéristiques des athlètes afin d'optimiser le rendement de cette transmission mécanique. La même étude sera menée pour les phases d'accélération et de relance en danseuse.

## Aérodynamisme des casques



FIGURE 2 – Casque de KL (a), casque de l'équipe danoise aux championnats du monde de Berlin en 2020 (b), casque de l'équipe de France aux championnats du monde de Berlin en 2020 (c).

L'aérodynamisme des cyclistes est un sujet plus classique [2] mais dans lequel l'aérodynamisme des casques demeure ouvert et où des designs très différents existent [4]. Lors des derniers championnats du monde<sup>1</sup> sur piste à Berlin en 2020, les danois ont pulvérisé le record du monde de poursuite par équipe chez les hommes de plus d'une seconde en 3'46"579. Ils étaient équipés de casques englobant quasiment les épaules des cyclistes (voir fig2-(b)). Ce type de casque ne va pas s'en rappeler ceux du ski de vitesse où les athlètes peuvent atteindre des vitesses de plus de 250 km/h<sup>2</sup>(voir fig2-(a)) [3]. Cette forme de casque est différente de celle adoptée par les athlètes français (voir fig2-(c)). Le problème posé est donc de déterminer la forme optimale qui permet de minimiser la traînée aérodynamique des cyclistes sur piste.

Pour cette seconde partie, des essais en soufflerie seront réalisés pour différents prototypes de casques imprimés en 3D. Les coefficients aérodynamiques seront déterminés et optimisés avec des simulations numériques.

**Mots-clés :** cyclisme, élasticité, aérodynamisme, mesures et modélisation.

---

1. lien vers la vidéo d'Eurosport  
2. Record du monde d'Ivan Origone en ski de vitesse

**Chercheurs impliqués**

Rémi Carmigniani, LHSV, remi.carmigniani@enpc.fr  
Caroline Cohen, LadHyX, caroline.cohen@ladhyx.polytechnique.fr  
Christophe Clanet, LadHyX, clanet@ladhyx.polytechnique.fr

**Référents sportifs :**

Emmanuel Brunet, référent scientifique de la FFC  
Jérémy Roy, responsable innovations techniques de la FFC

**Profil du candidat recherché - compétences requises :**

Le candidat devra avoir une solide formation en physique/mécanique, et si possible une expérience en recherche expérimentale en laboratoire. Des connaissances en électronique seraient un plus. Et une maîtrise de l'anglais souhaitable.

**Date de début :** dès septembre 2020

**Contact :** envoyer un CV et lettre de motivation à remi.carmigniani@enpc.fr, caroline.cohen@ladhyx.polytechnique.fr et clanet@ladhyx.polytechnique.fr

**Références**

- [1] M.S.M. Sani, N.A.Nazri, S.N.Zahari, N.A.Z. Abdullah, and G.Priyandoko. Dynamic study of bicycle frame structure. *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*, 160(012009), 2016.
- [2] T.N. Crouch, D. Burton, Z.A. LaBry, and K.B. Blair. Riding against the wind : a review of competition cycling aerodynamics. *Sports Eng*, 20 :81–110, 2017.
- [3] Thompson B. E., Friess W. A., and Knapp K. N. Aerodynamics of speed skiers. *Sports Engineering*, 4(2) :103–112, 2001.
- [4] F. Beaumont, R. Taiar, G. Polidori, H. Trenchard, and F. Grappe. Aerodynamic study of time-trial helmets in cycling racing using cfd analysis. *Journal of Biomechanics*, 67 :1–8, 2018.