



Master 1



Sciences du numérique et du sport

LA PREMIERE LIGNE COMME PREDICTEUR DU CLASSEMENT FINAL EN BMX RACE

Année universitaire 2022/2023

Présenté par : Kilian Bertholon

Tuteur professionnel : Emmanuel Brunet

Directeur de Mémoire : Françoise Rannou-Bekono

Sommaire

Sommaire	2
Table des figures	3
Lexique	3
Introduction	4
Contextualisation sur le BMX	4
Revue de littératures	5
Recherches antérieures en BMX	5
Méthodologie	9
Méthodes et exploitation des données	9
Analyse corrélationnelle de Kendall de rang τ b	9
Comparaison des corrélations entre chaque piste	10
Relation entre top 3 à l'intermédiaire 2 et le résultat final	11
Résultats	12
Discussions	17
Conclusion	18
Bibliographie	19
Résumé (abstract)	21
Key words :	21
Annexes	22

Table des figures

FIGURE 1 : REPARTITION DE LA PUISSANCE ET DE LA CADENCE A 1S D'INTERVALLE LORS D'UNE COURSE DE BMX (DANESHFAR ET AL., 2020).....	6
FIGURE 2 : REPARTITION DES CARACTERISTIQUES TEMPORELLES DES PRINCIPALES ACTIONS LORS DE L'EPREUVES CHRONOMETREE ELITE HOMME DES CHAMPIONNATS DU MONDE A PIETERMARITZBUR EN AFRIQUE DU SUD (2010) (J. COWELL ET AL., 2011A).....	7
FIGURE 3 : OBSERVATIONS DU POURCENTAGE DE FINIR DANS LE TOP 1/3 EN FONCTION DE LA PLACE DE DEPART	8

Lexique

BMX : bicycle et motocross

T1 : intermédiaire 1

T2 : intermédiaire 2

T3 : intermédiaire 3

T4 : intermédiaire 4

Pmax : puissance maximale

s : secondes

Introduction

Contextualisation sur le BMX

Le BMX (Bicycle Motocross) est un sport cycliste qui a vu le jour dans les années 1970 aux États-Unis. Il a depuis gagné en popularité à travers le monde et a été reconnu en tant que discipline olympique en 2008, attestant de son attrait et de son prestige croissant. Le BMX se distingue par ses pistes spécialement conçues, qui mettent à l'épreuve la vitesse, la technique et l'agilité des athlètes avec leurs bosses, virages relevés et lignes droites. La complexité de ces parcours, couplée à la rapidité et à l'intensité des courses, rend le BMX à la fois stimulant à pratiquer et captivant à regarder.

Les Coupes du monde de BMX, qui se déroulent généralement sur un week-end, sont structurées autour de deux manches distinctes organisées sur deux jours consécutifs. Ces événements soulignent l'importance des stratégies de course, en particulier en ce qui concerne les règles de qualification pour les manches suivantes. En règle générale, seuls les quatre premiers de chaque course (sur 8 participants) progressent vers la manche suivante, incitant ainsi les athlètes à adopter des tactiques compétitives pour assurer leur avancement.

La position sur la grille de départ est un autre aspect crucial de la stratégie en BMX. Les coureurs choisissent leur position sur la grille en fonction du classement total des temps sur la manche précédente, leur permettant ainsi de tirer parti de leurs performances réalisées pour obtenir un avantage sur leurs concurrents. Une bonne position sur la grille peut offrir un avantage significatif, en particulier pour la première ligne droite, qui est souvent déterminante pour l'issue de la course.

La première ligne droite est une partie importante de la course. En effet, prendre la tête du classement peut permettre aux coureurs de choisir ses trajectoires et ainsi de ne pas être gêné pendant sa course. Une étude a identifié des corrélations intéressantes entre le classement à la fin de la première ligne et le classement final. Ainsi, un coureur se trouvant en tête à la fin de la première semblerait avoir plus de chance de conserver sa position et donc de finir sur le podium.

Cependant, le BMX est un sport imprévisible et soumis à des aléas de courses (chutes, collisions, sorties de pistes ...) Ces paramètres peuvent venir perturber le dérouler de la course et donc affecter le résultat final de ces dernières. De plus, le BMX est une discipline qui malgré sa participation aux Jeux Olympiques reste assez peu étudiée (notamment sur tous les aspects psychologies qui paraissent pourtant essentiels dans l'engagement des athlètes, dans leur gestion du stress et de la concentration).

Ainsi, il paraît essentiel de pouvoir quantifier l'impact de la première ligne droite sur le résultat final de la course en BMX Race et ainsi de pouvoir dresser des facteurs clés qui peuvent contribuer au succès d'un coureur. Cette étude vise à renforcer les croyances empiriques qui se font sur l'utilité de cette première ligne sur le résultat final à partir des données issues des coupes du mondes des cinq dernières années. En explorant les relations entre la performance dans la première ligne droite et les résultats finaux des coureurs, nous cherchons à éclairer les facteurs qui influencent le succès dans cette discipline complexe et compétitive.

En outre, une meilleure compréhension de ces facteurs peut aider à optimiser la préparation physique des athlètes de BMX. Par exemple, l'entraînement peut être ajusté pour améliorer la puissance de départ, la technique de pédalage, la maîtrise des sauts et des virages, et même la gestion de l'effort sur la durée de la course, compte tenu de l'énergie importante dépensée lors des compétitions avec plusieurs manches en une seule journée.

Enfin, la complexité technique et psychologique du BMX nécessite une prise en compte particulière à l'égard de ces dernières. Cette étude vise à améliorer notre compréhension de la discipline mais également d'investiguer sur des points qui reste aujourd'hui très peu étudiée dans le but d'augmenter la performance des athlètes.

Dans le cadre de ce mémoire, nous allons analyser et interpréter les données enregistrées lors de différentes coupes du monde de BMX. Notre objectif est d'examiner le rôle primordial de la première ligne droite dans le déroulement d'une course de BMX. Nous posons l'hypothèse que la performance sur cette première ligne droite est l'un des facteurs les plus déterminants du résultat final d'une course.

Notre analyse portera principalement sur la position de départ des coureurs et leur progression à travers différents points d'intérêt au cours de la première ligne droite, notamment le bas de la première butte et la fin de la première ligne droite. En étudiant ces éléments, nous chercherons à comprendre comment les coureurs gèrent ces sections de la course et comment cela influence leur performance globale.

Cette étude permettra de soulever des questions stratégiques essentielles concernant le placement et les stratégies de course. Elle nous donnera l'opportunité de remettre en question et de réfléchir aux méthodologies employées jusqu'à présent afin d'étudier cette discipline. De plus, elle permettra d'émettre des suggestions sur la manière dont les futures recherches pourraient aborder l'analyse des courses de BMX, en mettant l'accent sur les facteurs clés identifiés au cours de notre travail.

Ce mémoire propose une revue de littérature approfondie sur le BMX, en mettant l'accent sur les études existantes concernant sur l'aspect stratégique de la discipline mais également sur les différents facteurs de performances. Ensuite, nous décrivons la méthodologie utilisée dans notre étude, qui consiste en l'analyse des données recueillies lors des Coupes du Monde de BMX des cinq dernières années. Nous avons effectué une analyse statistique pour obtenir un premier aperçu des corrélations global entre la performance aux différents intermédiaires et les résultats finaux des coureurs. De plus, nous avons identifié certaines variables potentielles pouvant perturber l'analyse globale, telles que le genre, la manche ou la piste rencontrée. Ensuite, nous nous sommes concentrés sur la première ligne droite en tant que phase principale qui influence le classement final des coureurs. Les résultats de notre étude ont confirmé l'importance cruciale d'une performance solide sur la première ligne droite pour obtenir un bon classement final. Dans la discussion, nous explorons les implications de ces résultats, discutons des stratégies de course et suggérons des recommandations pour l'entraînement des athlètes de BMX. Ces découvertes fournissent une contribution significative à la compréhension de la dynamique des courses de BMX et offrent des perspectives pour le développement de nouvelles approches d'analyse et de préparation des athlètes de BMX.

Nous espérons que ce mémoire contribuera à enrichir la compréhension de la dynamique des courses de BMX et servira de base pour le développement de nouvelles approches dans l'analyse et la préparation des athlètes de BMX.

Revue de littératures

Recherches antérieures en BMX

Malgré la popularité du BMX et son statut de discipline olympique, il est surprenant de constater que le nombre d'articles spécifiquement consacrés à ce sport dans la littérature scientifique reste limité. Par exemple, une étude menée par (Rylands & Roberts, 2019) a recensé seulement 17 articles traitant des performances en BMX en 2019. Cette lacune de recherches dans le domaine souligne l'importance d'approfondir notre compréhension de ce sport dynamique. Alors que la plupart des études existantes se concentrent sur les risques de blessure associés au BMX, il est essentiel d'élargir le champ de recherche pour explorer d'autres aspects de ce sport. Le BMX, avec sa combinaison de pilotage à haute vitesse et de navigation à travers des obstacles, présente une complexité intrinsèque qui mérite d'être étudiée sous différents angles, tels que les performances sportives, les stratégies de course et les facteurs clés de réussite des athlètes.

L'analyse du BMX race présente des défis particuliers en raison de la diversité des pistes aux formats et particularités variables. Une étude menée (Mateo-March et al., 2012) a examiné les caractéristiques des

pistes en fonction de leur localisation géographique (Europe, Amérique, etc.) et du niveau des courses (championnat d'Europe, championnat du Monde, Jeux olympiques, etc.). Ils ont ensuite mesuré les exigences propres à chaque typologie de piste en se basant sur des paramètres physiologiques et techniques tels que la distribution et le niveau de puissance, le temps aérien et les éléments acycliques (moments où les deux roues ne touchent pas le sol et/ou les pédales ne tournent pas). Leur étude a révélé des implications différentes des paramètres techniques et physiologiques en fonction de l'enjeu et de l'importance de l'événement. Ainsi, un athlète bénéficiant d'une qualité physiologique supérieure à la moyenne des athlètes pourrait avoir un avantage sur certaines pistes.

De plus, les paramètres physiologiques ont été peu explorés en milieu écologique dans le contexte du BMX en raison de la rapidité des mouvements, qui dépasse souvent la fréquence d'échantillonnage des capteurs disponibles sur le marché. Malgré cela, certaines études se sont penchées sur l'utilisation de mesures de puissance. Par exemple, l'étude de (Daneshfar et al., 2020) a examiné la répartition de la puissance tout au long d'une course de BMX (*Figure 1*). Les résultats ont montré que la puissance est davantage distribuée dans la première ligne droite que sur le reste de la course. La première ligne droite est une zone où les athlètes cherchent à maximiser leur vitesse à partir de la butte de démarrage (une pente inclinée d'une hauteur de 8 m chez les élites en Coupe du Monde). En se concentrant sur la puissance appliquée aux pédales, l'étude (Mateo et al., 2011) a révélé une puissance de sortie maximale de 85% de la puissance maximale (P_{max}) à la sortie du départ, 73% à la sortie de la butte et 51% à la fin de la première ligne droite.

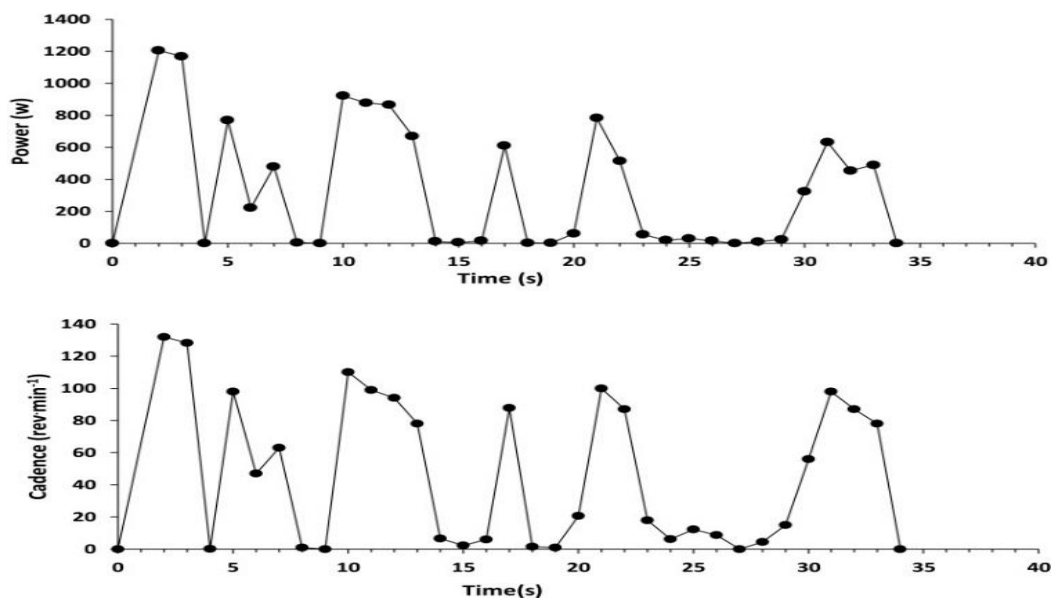


Figure 1 : Répartition de la puissance et de la cadence à 1s d'intervalle lors d'une course de BMX (Daneshfar et al., 2020)

Le BMX se pratique sur des vélos qui ne permettent pas de changer la démultiplication des rapports pendant une course, ce qui rend essentiel la recherche du rapport optimal entre vitesse et force pour augmenter la puissance de sortie. De plus, cette force musculaire n'est pas uniquement générée par les membres inférieurs. L'étude de (Bertucci & Hourde, 2011) a montré que sur la première ligne droite, la force développée par les membres inférieurs ne représentait qu'entre 41% et 66% de la puissance totale développée. Ainsi, l'optimisation de la fréquence de pédalage nécessite une approche individualisée qui permet de se rapprocher de la cadence optimale de chaque athlète en fonction de ses caractéristiques musculaires (Rylands et al., 2013). Cette individualisation permet également d'établir des relations entre la cadence, la vitesse et le couple (Bertucci & Hourde, 2011), ce qui permet ensuite de choisir des rapports qui favorisent les qualités intrinsèques des athlètes (Rylands et al., 2016).

Cependant, le BMX est un sport intermittent qui ne permet pas aux athlètes de pédaler en continu tout au long de la course. Ils doivent faire face à différents obstacles tels que des bosses et des virages relevés, tout en étant en confrontation directe avec leurs adversaires. Ces interactions entre la piste et les coureurs ajoutent une grande complexité à l'analyse des performances, en particulier lorsqu'il s'agit d'analyser des données de puissance. Une étude a examiné la répartition du temps entre les trois principales actions du BMX race : pédaler, sauter et pomper (absorber les variations de terrain en utilisant les bras et les jambes pour maintenir les deux roues au sol et appliquer un mouvement de pompage) (*Figure 2*). Selon cette étude, un coureur élite homme passe environ 31% du temps à pédaler, 25% en l'air lors des sauts et 46% du temps à pomper, sur une course d'environ 35 secondes (Cowell et al., 2011a).

Actions	1 ^{ère} ligne	2 ^{ème} ligne	3 ^{ème} ligne	4 ^{ème} ligne
Pédaler	76.3%	20.0%	15.9%	9%
Pomper / roue libre	40.5%	28.8%	68.1%	33%
Sauter	33.5%	34.4%	18.5%	7%

Figure 2 : Répartition des caractéristiques temporelles des principales actions lors de l'épreuve chronométrée Elite Homme des championnats du monde à Pietermaritzbur en Afrique du Sud (2010) (J. Cowell et al., 2011a)

De plus, il est intéressant d'examiner la répartition de ses trois actions tout au long de la course de BMX. Une étude menée par (Cowell et al., 2011a) a analysé chacune de ses actions sur les quatre lignes droites de la piste de BMX, en étudiant 26 athlètes. Les résultats ont montré que le pédalage représentait 76% du temps sur la première ligne droite, tandis qu'il diminuait à 20% en deuxième ligne, 15% en troisième ligne et 9% en quatrième ligne. En ce qui concerne le pompage, les pourcentages étaient respectivement de 39%, 28%, 68% et 33% pour chaque ligne droite. Quant aux sauts, les pourcentages étaient respectivement de 28%, 34%, 20% et 7%. Cette approche confirme que le BMX est un sport intermittent où la demande physiologique varie tout au long de la course. Ainsi, il peut être intéressant d'adopter des stratégies particulières en termes d'intensité d'effort, en prévoyant des découpages d'efforts adaptés à chaque segment de la piste.

Les aspects stratégiques du BMX ont été relativement peu étudiés, bien qu'ils soient essentiels dans ce sport. Comme nous l'avons vu précédemment, une course de BMX peut être divisée en plusieurs sections avec des distributions d'effort différents et des sollicitations musculaires variées. Par exemple, la première ligne droite met l'accent sur le pédalage, tandis que la troisième ligne droite requiert une grande importance du pompage pour absorber les variations de terrain. De plus, il existe des aspects de récupération et de gestion de l'effort à prendre en compte en raison de la répétition des efforts tout au long d'une journée de compétition. Par exemple, lors des manches de Coupe du Monde, les différentes manches peuvent être séparées d'environ 15 minutes. Il est donc crucial de gérer son effort de manière stratégique, en accordant une attention particulière au temps, car c'est lui qui permettra à l'athlète de choisir sa place sur la ligne de départ lors de la manche suivante.

Il est bien établi que le classement sur la ligne de départ peut avoir une forte corrélation avec le résultat final d'une course, que ce soit parce que la position sur la grille de départ peut être choisie (Sun et al., 2021) ou parce que la position de départ est soumise à des performances ultérieures (Macdermid & Morton, 2012). Dans le contexte du BMX, il est généralement admis de manière empirique que les places les plus à l'intérieur du premier virage offrent un avantage certain par rapport aux autres concurrents, en réduisant la distance à parcourir. Des études ont également montré des corrélations entre le classement à la fin de la première ligne droite et le classement final en BMX (Rylands & Roberts, 2014). Étant donné que le BMX est un sport de confrontation, où les athlètes s'affrontent sur une piste de largeur relativement faible avec des virages relevés qui rendent les dépassements difficiles, les décisions des athlètes sont fortement influencées par les actions des autres concurrents (Konings & Hettinga, 2018).

Pour faciliter l'analyse du BMX, il est important de souligner que la première ligne droite (où le pédalage est maximisé) fait appel à des caractéristiques physiologiques mesurables et entraînables. C'est une zone clé où il est essentiel de chercher à maximiser les performances. Jusqu'à présent, il n'existe pas d'études mesurant de manière parfaitement écologique les gains liés à certaines techniques de pompage, de sauts et d'éléments techniques spécifiques pouvant améliorer la performance des athlètes. Dans leur étude, (J. F. Cowell et al., 2011b) ont montré que ces différentes actions permettaient de générer de la vitesse, mais en les dissociant les unes des autres. Cependant, lors d'une course de BMX, ces actions sont enchaînées avec des phases de superposition à certains moments. Par conséquent, il est raisonnable d'affirmer que ces éléments techniques contribuent à la création de vitesse et donc à l'amélioration des performances des athlètes. Néanmoins, il manque actuellement des éléments nous permettant de classer ces techniques ainsi que leur utilisation spécifique et donc de quantifier les gains liés à une technique particulière.

Malgré les avancées de la recherche sur la performance en BMX, il reste encore des lacunes importantes à combler. L'un des aspects encore peu explorés concerne l'aspect psychologique et l'engagement des athlètes lors des actions risquées. L'investissement émotionnel et la prise de risque sont des éléments-clés dans la pratique du BMX, mais peu d'études se sont penchées sur leur impact sur les performances. Une étude s'est intéressée à l'aspect psychologique lors des départs (zones où les athlètes sont regroupés et où la confrontation est intense) (Rienzo et al., 2018). Il serait intéressant de quantifier et d'analyser ces aspects psychologiques pour mieux comprendre leur influence sur les décisions prises par les athlètes lors des compétitions.

De plus, une autre lacune réside dans la quantification précise des aspects techniques en lien avec l'étude de (J. Cowell et al., 2011a). Bien que le pédalage soit une composante importante de la performance en BMX, il ne représente pas la majorité du temps lors d'une course. Il est donc essentiel d'investiguer davantage les autres actions techniques telles que le pompage, les sauts et les éléments techniques spécifiques pour mieux comprendre leur contribution à la vitesse et à la performance des athlètes notamment en milieu écologique.

Enfin, l'étude des avantages liés à la position de départ sur la grille reste un domaine de recherche à explorer plus en profondeur. Bien que des études aient déjà montré une corrélation entre le classement à la fin de la première ligne et le résultat final en BMX, il reste encore des questions à résoudre. Il serait intéressant de comprendre comment la position de départ influence les stratégies de course, les interactions entre les athlètes et les performances individuelles. Une analyse plus approfondie de ces aspects permettrait de mieux conseiller les athlètes sur l'importance de la position de départ et d'optimiser leurs performances dès le début de la course.

Dans le cadre d'une étude préliminaire (*Figure 3*), on a cherché à étudier les pourcentages de victoires et de top 3 associées à une position de départ. En utilisant les données que l'on a récoltées, on observe ces résultats :

Position de départ sur la grille	1	2	3	4	5	6	7	8
% de victoire (top 1)	70.0	11.2	5.6	3.7	2.6	2.0	1.7	5.3
% de top 3	90.9	77.6	67.3	25.7	17.2	14.2	10.4	16.1

Figure 3 : Observations du pourcentage de finir dans le top 1/3 en fonction de la place de départ

Ces données mettent en évidence l'importance d'investiguer l'impact de la position de départ indépendamment du niveau de l'athlète. Il serait intéressant de déterminer s'il existe réellement des places avantageuses sur la grille de départ en BMX. Une étude approfondie sur ce sujet permettrait de comprendre comment la position de départ peut influencer les performances des athlètes, en tenant compte de divers facteurs tels que la distance à parcourir, les interactions avec d'autres coureurs et les caractéristiques spécifiques de la piste. En examinant ces aspects, nous pourrions identifier des stratégies

optimales pour maximiser les performances dès le départ de la course. Cette recherche contribuerait à améliorer notre compréhension de l'importance de la position de départ en BMX et à fournir des informations précieuses aux athlètes et aux entraîneurs pour optimiser leur stratégie de course.

L'objectif de cette étude est d'étudier l'influence que peut avoir la première ligne en BMX (les 8 à 10 premières secondes) sur le classement final lors des différentes Coupes du Monde et Championnats du Monde de 2016 à 2022. Nous posons l'hypothèse que le classement à la fin de la première ligne est un prédicteur de classement final.

Méthodologie

Méthodes et exploitation des données

Afin de déterminer l'influence de la première ligne sur le résultat final en BMX race, on a récupéré des données provenant des coupes du monde et des championnats du monde de 2016 à 2022. Les données sont transmises par l'Union Cycliste Internationale (UCI). Elles sont accessibles depuis trois sites internet (<http://www.bmx-results.com/>) pour les données de coupe du monde de 2017 à 2020, (<https://www.tissottiming.com/Sport/BMX>) pour les données des championnats du monde de 2016 à 2022 et (<https://fr.uci.org/>) pour les données de coupe du monde de 2021 à 2022. Ces données ont été récoltées à partir de PDF et transformées à partir de l'API Nanonets.

Les courses ne présentant pas quatre temps intermédiaires ont été exclues de l'analyse, de même que celles ne fournissant pas les positions de départ des athlètes. Les courses comportant des données manquantes ont également été exclues de l'analyse (Muehlbauer & Schindler, 2011).

Chaque course comprenait entre 5 et 8 coureurs et la position était détectée à partir de transpondeur disposé à l'avant du vélo. Les courses de BMX se déroulant sur des pistes uniques (les pistes de BMX ont toutes leurs particularités (Mateo et al., 2011), (Mateo-March et al., 2012)). Cependant, les intermédiaires sont tous positionnés de la même manière afin d'éviter de retrouver un intermédiaire au milieu d'un saut. Toutes les courses comprenaient quatre intermédiaires répartis de la manière suivante : l'intermédiaire 1 est placé en bas de la butte de départ (moyenne : 2,526 s +/- 0,182 s), l'intermédiaire 2 est placé en fin de première ligne droite (moyenne : 9,375 s +/- 1,817 s), l'intermédiaire 3 est placé en fin de deuxième ligne (moyenne : 19,161 s +/- 2,455 s) et l'intermédiaire 4 est placé en fin de troisième ligne (moyenne : 28,505 s +/- 3,670 s). Le temps final est lui pris sur la ligne d'arrivée (moyenne : 35,903 s +/- 9,972 s). (Annexe 1)

Analyse corrélationnelle de Kendall de rang τ_b

Les données ont été soumises à un test de Shapiro-Wilk afin de vérifier leur distribution normale. Ce test n'a pas permis de rejeter l'hypothèse nulle indiquant que les données ne suivent pas une distribution normale. Par conséquent, nous avons utilisé le test non paramétrique de Kendall's τ_b pour analyser les corrélations (Konings et al., 2016).

Ce type de corrélation est particulièrement adapté aux données de classements successifs enregistrées à partir des temps intermédiaires lors de courses. (Rylands & Roberts, 2014). En effet, dans notre cas nous nous intéressons à l'association entre deux variables catégorielles (le classement noté de 1 à 8). Le test de Kendall est préféré au test de Spearman par rapport à sa capacité de gestion des rangs identiques (dans notre cas des classements identiques) (Louis, 2009). Ce test se base sur l'analyse des paires concordantes et des paires discordantes. (KENDALL, 1938).

$$\tau = \frac{(n \text{ paires concordantes}) - (n \text{ paires discordantes})}{\frac{1}{2} \cdot n \cdot (n - 1)}$$

Nous allons chercher à déterminer s'il existe des corrélations entre le classement aux différents intermédiaires et la position de départ. Nous nous attendons à observer des corrélations croissantes au fur et à mesure de la progression dans la course, car les classements intermédiaires se rapprochent du classement final (Rylands & Roberts, 2014). De plus, nous avons décidé d'examiner les corrélations entre les différents intermédiaires eux-mêmes. Étant donné que le BMX est un sport d'interactions où les actions des adversaires peuvent influencer celles d'un athlète, il est important de prendre en compte ces interactions lors de notre analyse (Hext et al., 2022).

Comparaison des corrélations entre chaque piste

Dans la suite de notre protocole, nous calculerons ces corrélations pour chaque piste et pour chaque manche, afin de comparer s'il existe des différences significatives entre les différentes pistes. Cette analyse nous permettra d'évaluer si les caractéristiques spécifiques des pistes peuvent influencer notre corrélation totale et nécessitent une interprétation distincte.

Pour réaliser cette comparaison, nous utiliserons le test de Fisher. Ce test nous permettra d'évaluer les différences significatives entre les corrélations des différentes pistes. Il est essentiel de reconnaître que chaque piste de BMX est unique et possède des caractéristiques spécifiques qui peuvent influencer le déroulement de la course (Mateo-March et al., 2012). Certaines pistes peuvent comporter plus de zones techniques, des virages plus relevés ou une largeur différente, par exemple. En utilisant le test de Fisher, nous pourrions déterminer statistiquement s'il existe des différences significatives entre les pistes. Si les pistes ne présentent pas de différence significative, cela signifie que le type de piste n'influencera pas l'interprétation de notre corrélation totale. En revanche, si les pistes présentent des caractéristiques distinctes les unes des autres, nous devrions utiliser une autre méthode d'analyse statistique.

Nous possédons des données de corrélation issues de la corrélation de rang de Kendall de τ b. Cependant, le test de Fisher ne peut être appliqué qu'aux données de corrélation de Pearson. Par conséquent, il sera nécessaire de transformer les données à l'aide de l'équation (KENDALL, 1970), (Walker, 2003)

$$r = 0.5 \cdot \sin(\pi \cdot \tau)$$

Une fois que nous avons converti nos corrélations de rang τ en coefficients de Pearson (r). Nous pouvons maintenant appliquer la transformation de Fisher pour obtenir les valeurs z' .

La transformation z' de Fisher est définie comme suit :

$$z' = 0.5 \cdot (\ln(1 + r) - \ln(1 - r))$$

Cette transformation permet de normaliser les corrélations de Pearson afin qu'elles suivent une distribution normale. Les valeurs z' obtenues peuvent ensuite être utilisées pour effectuer une comparaison statistique des corrélations entre les différentes pistes.

Par la suite, nous calculerons les différences entre les scores z' de Fisher. Ce processus mettra en évidence l'amplitude des variations entre les corrélations des deux groupes (dans ce cas, les deux pistes). Cette mesure sera standardisée. Nous calculerons la différence entre chaque intermédiaire de chaque paire de pistes afin de déterminer s'il existe une différence significative entre leurs corrélations à chaque intermédiaire par rapport au classement final.

Cette étape nous permettra d'évaluer les variations des corrélations entre les différentes pistes à chaque intermédiaire et d'identifier les éventuelles différences significatives qui pourraient influencer l'interprétation de notre corrélation totale.

$$z_{diff} = z'1 - z'2$$

Par la suite, l'erreur standard de cette différence sera calculée :

$$\sigma_{z'} = \sqrt{\left(\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3}}\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{1}{n_2 - 3}}\right)^2}$$

Puis par le calcul du score Z de Fisher :

$$Z_{score} = \frac{z_{diff}}{\sigma_{z'}}$$

Dans notre étude, après avoir réalisé la transformation z' de Fisher pour standardiser nos données, nous avons constaté que nous disposons d'un grand nombre d'observations dans chacun de nos échantillons ($n > 1000$). Cette situation nous permet de faire appel à la loi des grands nombres, qui stipule que lorsque la taille d'un échantillon est suffisamment grande, la distribution de l'échantillon tend à se rapprocher de la distribution théorique, dans notre cas, une distribution normale. Par conséquent, nous sommes en mesure de justifier l'utilisation de méthodes statistiques basées sur la distribution normale pour l'analyse de nos données.

Grâce à cette approximation de la distribution normale, nous pouvons maintenant procéder au calcul de la statistique de test p en utilisant la fonction de répartition de la distribution normale standard :

$$p = 2 \times (1 - \Phi(|Z_{score}|))$$

Dans notre cas, nous avons effectué plusieurs comparaisons entre les corrélations des différentes pistes et entre les corrélations des intermédiaires et le classement final. En appliquant la correction de Bonferroni, nous pouvons ainsi ajuster les seuils de significativité pour chaque test individuel afin de contrôler le τ global d'erreur de type 1.

Cela nous permettra d'obtenir des résultats fiables et de garantir la validité de nos conclusions.

Relation entre top 3 à l'intermédiaire 2 et le résultat final

Enfin, pour démontrer que la première ligne droite représente un élément central lors des courses de BMX, nous avons procédé à une séparation des coureurs en fonction de leur position dans le top 3 à chaque intermédiaire de la course. Cette approche nous a permis d'évaluer l'influence spécifique de chaque intermédiaire sur le classement final des coureurs.

Dans un premier temps, nous avons analysé les coureurs qui se sont classés dans le top 3 à l'intermédiaire 1 et avons calculé la corrélation entre cette position et le classement final. Cette corrélation nous a donné une indication de l'importance de l'intermédiaire 1 dans la prédiction du classement final.

Ensuite, nous avons supprimé cette séparation et avons effectué une nouvelle analyse en se concentrant sur les coureurs qui se sont classés dans le top 3 à l'intermédiaire 2. Nous avons calculé la corrélation entre cette position et le classement final, ce qui nous a permis d'évaluer l'impact spécifique de l'intermédiaire 2 sur le résultat final.

Nous avons répété ce processus pour chaque intermédiaire de la course, en supprimant à chaque fois la séparation précédente et en analysant uniquement les coureurs qui se sont classés dans le top 3 à

l'intermédiaire correspondant. Cela nous a permis d'évaluer l'influence de chaque intermédiaire individuellement sur le classement final.

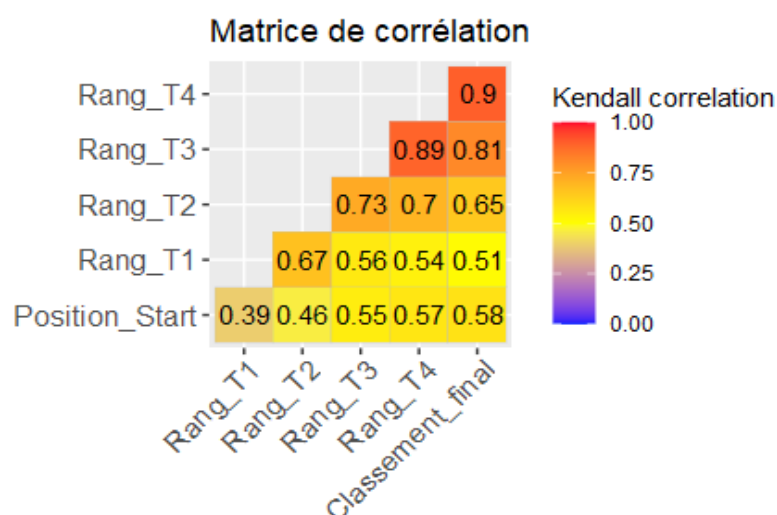
Cette approche nous a permis de mieux comprendre comment chaque intermédiaire contribue à la performance globale des coureurs et à leur position finale. En analysant les corrélations à chaque intermédiaire, nous avons pu déterminer les moments clés de la course qui sont les plus prédictifs du classement final.

Résultats

Les données complètes proviennent de 1587 courses (1092 courses élites hommes et 127 courses élites femmes, 273 courses hommes U23, 95 courses femmes U23). Notre jeu de données concerne donc 545 hommes et 115 femmes sur 14 pistes mondiales au cours de 8 saisons.

La table 1 nous donne un aperçu des corrélations de Kendall de rang τ entre les différents intermédiaires et le classement final. On remarque comme attendu que les corrélations augmentent au cours du déroulement de la course. Cependant, on voit également que les corrélations entre la position sur la grille de départ sont plus importantes que la position à l'intermédiaire T1 bien que celui-ci soit en aval de celui-ci. Les positions à chaque intermédiaire présentent des coefficients de corrélations de Kendall de τ b considéré comme fort.

Table 1 : Corrélation de Kendall entre les différents temps intermédiaires et le classement final sur l'ensemble des coupes du monde de 2017 à 2022

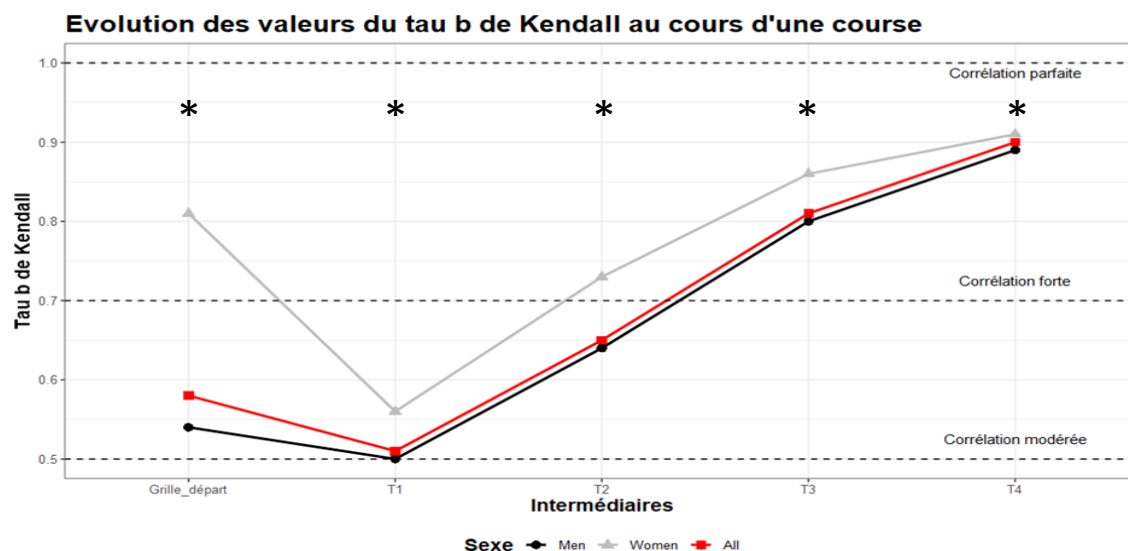


Note : Plus la valeur du coefficient de corrélation de rang de Kendall τ -b est élevée, plus la corrélation est forte : 0,0 à 0,2 - faible, 0,2 à 0,5 - modérément forte, et > 0,5 - forte.

La table 2 met en évidence les corrélations de Kendall de τ b entre les différents intermédiaires d'une course de BMX race et le classement final en dissociant à partir du caractère genré des athlètes. Les athlètes hommes correspondant à l'association entre les catégories élites hommes et U23 hommes et la catégorie femme correspond à l'association entre les catégories élites femmes et U23 femmes. Dans ce calcul de corrélations, 9566 séquences sont enregistrées pour les hommes et 1690 pour les femmes. La

comparaison à l'aide du test de Fisher associé à la correction de bonferroni indique des changements significatifs à tous les intermédiaires ($P < 0.01$) malgré une dynamique de courses assez semblables.

Table 2 : Comparaison des Corrélation de Kendall τb sur les coupes du monde de 2017 à 2022 en fonction du genre des athlètes



Notes : N = 9566 séquences de courses pour les hommes et N = 1690 séquences pour les femmes. L'astérisque indique le niveau de significativité de la comparaison à l'aide du test de Fisher (significatif à $p < 0.01$)*

La table 3 et 4 permet de rendre compte des corrélations entre chaque intermédiaire et le classement final pour chaque piste du circuit mondial ainsi que pour chaque manche de coupe du monde. Les corrélations, comme attendu augmentent toutes au fil de la course et peuvent être interprétées comme forte dès le premier ou deuxième intermédiaire (en fonction des dynamiques de courses) (Cohen, 1988)

Table 3 : Corrélation de Kendall de τb entre chaque intermédiaires et le classement final pour chaque piste du circuit mondial.

Localisation	N	Grille départ	T1	T2	T3	T4
Sakarya	1515	0.33	0.44	0.58	0.81	0.88
Papendal	1710	0.71	0.43	0.59	0.69	0.79
Manchester	694	0.43	0.51	0.57	0.83	0.91
Glasgow	933	0.80	0.49	0.61	0.80	0.87
Santiago del Estero	1450	0.61	0.55	0.70	0.85	0.92
Zolder	1991	0.53	0.56	0.77	0.87	0.94
Bogota	2264	0.68	0.53	0.68	0.84	0.92
RockHill	614	0.51	0.50	0.64	0.81	0.93
All	11256	0.58	0.51	0.65	0.81	0.90

Note : Plus la valeur du coefficient de corrélation de rang de Kendall τ -b est élevée, plus la corrélation est forte : 0,0 à 0,2 - faible, 0,2 à 0,5 - modérément forte, et $< 0,5$ - forte.

Table 4 : Corrélations entre chaque intermédiaires et le classement final pour chaque manche de coupe du monde

Manche	N	Grille départ	T1	T2	T3	T4
Round 1	3927	0.60	0.54	0.66	0.81	0.88
Repêchage	1643	0.48	0.52	0.68	0.81	0.89
Trente-deuxième-finale	276	0.62	0.56	0.78	0.88	0.94
Seizième-finale	1033	0.58	0.50	0.66	0.82	0.91
Huitième-finale	1744	0.56	0.48	0.63	0.83	0.91
Quart-finale	1347	0.56	0.46	0.64	0.85	0.91
Demi-finale	810	0.56	0.39	0.56	0.79	0.87
Finale	388	0.52	0.42	0.55	0.77	0.89
All	11256	0.58	0.51	0.65	0.81	0.90

Note : Plus la valeur du coefficient de corrélation de rang de Kendall τ -b est élevée, plus la corrélation est forte : 0,0 à 0,2 - faible, 0,2 à 0,5 - modérément forte, et $> 0,5$ - forte.

Dans la table 5, nous présentons les valeurs p du test de Fisher, qui permet de comparer les coefficients de corrélation de Kendall entre les différents intermédiaires de chaque piste du circuit mondial. Ces valeurs p nous permettent de déterminer s'il existe des différences significatives entre les corrélations des différentes pistes.

Les résultats de ce test révèlent des différences significatives sur l'ensemble des intermédiaires de plusieurs pistes. Ces résultats suggèrent l'existence de dynamiques de courses différentes d'une piste à l'autre, ce qui limite l'interprétation d'un seul coefficient de corrélation global englobant l'ensemble des pistes.

En effet, certaines pistes présentent des coefficients de corrélation significativement différents des autres, ce qui indique des caractéristiques spécifiques et un impact distinct sur les performances des athlètes. Ces différences entre les pistes doivent être prises en compte lors de l'analyse des résultats et de l'élaboration de stratégies de course.

Table 5 : P-Value du test de Fischer sur les corrélations entre intermédiaires des différentes pistes du circuit mondiale de BMX

		Papendal	Manchester	Glasgow	Santiago	Zolder	RockHill	Bogota
Sakarya	Grille	<0.001	0.108	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T1	0.727	0.049	0.125	<0.001	<0.001	0.108	<0.001
	T2	0.667	0.745	0.265	<0.001	<0.001	0.046	<0.001
	T3	<0.001	0.183	0.495	<0.001	<0.001	1	0.004
	T4	<0.001	<0.001	0.305	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Papendal	Grille	X	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<<0.001	0.070
	T1	X	0.023	<0.001	<0.001	<0.001	0.058	<0.001
	T2	X	0.503	0.443	<0.001	<0.001	0.088	<0.001
	T3	X	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T4	X	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Manchester	Grille	X	X	<0.001	<0.001	0.003	0.064	<0.001
	T1	X	X	0.595	0.229	0.112	0.809	0.528
	T2	X	X	0.221	<0.001	<0.001	0.046	<0.001
	T3	X	X	0.075	0.141	<0.001	0.271	0.447
	T4	X	X	<0.001	0.184	<0.001	0.019	0.157
Glasgow	Grille	X	X	X	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T1	X	X	X	0.051	0.015	0.800	0.165
	T2	X	X	X	<0.001	<0.001	0.344	0.002
	T3	X	X	X	<0.001	<0.001	0.588	0.002
	T4	X	X	X	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Santiago del Estero	Grille	X	X	X	X	<0.001	0.002	<0.001
	T1	X	X	X	X	0.676	0.152	0.40
	T2	X	X	X	X	<0.001	0.023	0.257
	T3	X	X	X	X	0.026	0.007	0.300
	T4	X	X	X	X	<0.001	0.15	1
Zolder	Grille	X	X	X	X	X	0.553	<0.001
	T1	X	X	X	X	X	0.070	0.166
	T2	X	X	X	X	X	<0.001	<0.001
	T3	X	X	X	X	X	<0.001	<0.001
	T4	X	X	X	X	X	0.085	<0.001
Rockhill	Grille	X	X	X	X	X	X	<0.001
	T1	X	X	X	X	X	X	0.370
	T2	X	X	X	X	X	X	0.120
	T3	X	X	X	X	X	X	0.039
	T4	X	X	X	X	X	X	0.128

Dans la table 6, nous présentons les corrélations entre le classement à chaque intermédiaire et le classement final en BMX (et ceux pour chaque piste). Cela nous permet de visualiser l'impact du classement à chaque intermédiaire sur le résultat final de la course et de déterminer à partir de quand le classement dans le top 3 devient particulièrement important.

Les résultats de la table 6 confirment nos hypothèses selon lesquelles il existe des dynamiques de courses différentes entre les pistes. En effet, les corrélations deviennent significativement plus fortes à partir de l'intermédiaire T2, qui correspond à la fin de la première ligne droite.

Cela suggère que la performance et le classement des coureurs à la fin de la première ligne droite exercent une influence plus prononcée sur leur classement final. Les résultats mettent en évidence l'importance cruciale d'une bonne performance dans la première ligne droite pour obtenir un bon classement final en BMX.

Table 6 : Corrélations de Kendall de rang τ b entre les athlètes passant à chaque intermédiaire dans le top 3 en comparaison avec les coureurs passant à la position 4 à 8

Localisation	N	Grille départ	T1	T2	T3	T4
All	11256					
Position 1 à 3	4912	0.500	0.333	0.627	0.747	0.835
Position 4 à 8	6344	0.365	0.311	0.398	0.638	0.808
Sakarya	1515					
Position 1 à 3	635	0.315	0.268	0.574	0.747	0.790
Position 4 à 8	882	0.181	0.257	0.314	0.633	0.777
Papendal	1710					
Position 1 à 3	797	0.557	0.217	0.461	0.531	0.638
Position 4 à 8	913	0.675	0.317	0.407	0.602	0.771
Manchester	694					
Position 1 à 3	288	0.326	0.403	0.639	0.816	0.885
Position 4 à 8	406	0.206	0.200	0.251	0.607	0.830
Glasgow	933					
Position 1 à 3	451	0.701	0.342	0.596	0.734	0.799
Position 4 à 8	482	0.694	0.288	0.313	0.590	0.743
Santiago	1450					
Position 1 à 3	634	0.482	0.362	0.638	0.793	0.858
Position 4 à 8	816	0.375	0.336	0.483	0.676	0.821
Zolder	1991					
Position 1 à 3	861	0.53	0.414	0.799	0.850	0.909
Position 4 à 8	1130	0.260	0.341	0.488	0.700	0.864
Bogota	2264					
Position 1 à 3	1026	0.649	0.403	0.694	0.817	0.930
Position 4 à 8	1238	0.478	0.321	0.390	0.626	0.813
RockHill	614					
Position 1 à 3	258	0.459	0.173	0.544	0.734	0.940
Position 4 à 8	356	0.289	0.397	0.486	0.604	0.811

Note : Plus la valeur du coefficient de corrélation de rang de Kendall τ -b est élevée, plus la corrélation est forte : 0,0 à 0,2 - faible, 0,2 à 0,5 - modérément forte, et < 0,5 - forte.

Discussions

Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance de la première ligne droite en BMX, à travers l'analyse des corrélations entre les classements aux différents intermédiaires et le classement final. Les résultats ont confirmé notre hypothèse selon laquelle la fin de la première ligne droite est un indicateur clé du classement final.

Les corrélations positives observées entre le classement à l'intermédiaire 2 et le classement final ($\tau = 0.65$, $P < 0.001$) (Table 1) soulignent l'importance d'un bon départ en BMX race. Ces résultats rejoignent les conclusions précédentes de l'étude menée par Rylands & Roberts (2014) sur un échantillon de 175 courses de coupes du monde, et sont renforcés par les données de notre étude portant sur 1587 courses de coupes du monde hommes et femmes.

En outre, la position sur la grille de départ, fortement corrélée avec le classement final, est déterminée en fonction des temps réalisés lors des manches précédentes. Cela souligne l'importance stratégique des choix de position en BMX race, incitant les athlètes à rechercher le meilleur compromis entre leur position sur la grille de départ et l'économie d'énergie. Avec des manches se succédant parfois en moins de quinze minutes, les athlètes doivent gérer leur classement et leur effort de manière efficace afin d'optimiser leurs performances tout au long de la journée.

Dans cette optique, il est essentiel de prendre en compte les interactions entre les athlètes. Le BMX étant un sport où les actions d'un athlète peuvent avoir un impact sur les autres, il convient d'analyser ces interactions pour comprendre les décisions stratégiques prises par les athlètes. Le choix de la ligne de course et les décisions de dépassement peuvent être influencés par les actions des adversaires, ce qui nécessite une adaptation constante de la stratégie (Konings & Hettinga, 2018).

Cela souligne l'importance stratégique des choix de position en BMX race, et incite à approfondir la compréhension des aspects stratégiques dans ce sport. Les résultats de la table 3 et de la table 6 mettent en évidence des différences significatives entre les corrélations observées sur chaque piste. Cette observation confirme le caractère unique de chaque piste, comme souligné par Mateo-March et al. (2012). En effet, chaque piste possède ses propres caractéristiques qui exigent des qualités spécifiques des athlètes, qu'il s'agisse de qualités physiques ou techniques.

La table 3 compare l'évolution des corrélations entre les différents temps intermédiaires et le classement final sur différentes pistes. On constate que sur certaines pistes, comme Zolder et Santiago Del Estero, la butte de départ (T1) permet déjà de prédire de manière significative le classement final (Zolder : $t = 0.56$, $P < 0.01$ pour T1), (Santiago Del Estero : $t = 0.55$, $P < 0.01$). Cependant, l'intermédiaire T2 est le point à partir duquel les corrélations deviennent particulièrement intéressantes pour toutes les pistes (Zolder : $t = 0.77$, $P < 0.01$), (Bogota : $t = 0.68$, $P < 0.01$).

Ces résultats soulignent l'importance de chaque intermédiaire dans la prédiction du classement final, avec une tendance à une corrélation plus forte à mesure que la course avance. Ils mettent également en évidence des différences entre les pistes, ce qui suggère que les athlètes doivent adapter leur approche stratégique en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque piste.

La table 6 met en évidence l'intermédiaire T2 comme un point critique dans l'ensemble des courses du calendrier mondial, à l'exception de la piste de Papendal qui présente des corrélations légèrement inférieures ($t = 0.468$, $P < 0.01$). Cela signifie que les performances à cet intermédiaire sont fortement liées au classement final dans la plupart des pistes. Les athlètes qui parviennent à maintenir une position avantageuse à cet intermédiaire ont de meilleures chances d'obtenir un bon classement à la fin de la course. Cependant, il convient de noter que chaque piste peut présenter des caractéristiques spécifiques qui peuvent influencer ces corrélations, comme nous l'avons observé précédemment. Il est donc important de prendre en compte ces particularités lors de l'analyse des performances en BMX race.

Enfin, la table 2 et 4 implique également des changements significatifs dans les corrélations entre les hommes et les femmes (sur une même piste) mais également entre les différentes manches d'une coupe

du monde. En effet, plus on se rapproche des phases finales et plus les associations entre les intermédiaires et le classement final diminue. Une explication plausible serait que lorsque le niveau des coureurs se resserre, la capacité prédictive du classement de chaque intermédiaire avec le classement final est moins importante.

On peut donc affirmer qu'il existe des corrélations intéressantes entre le départ en BMX (symbolisée par la première ligne droite et le résultat final. Toutefois, l'interprétation d'un modèle globale peut conduire à de nombreuses approximations/erreurs. Il est donc important pour les athlètes de travailler les différentes phases du départ afin d'améliorer leurs probabilités d'obtenir un bon classement final.

Toutefois, on peut affirmer que l'interprétation d'un modèle globale n'est pas suffisante si on souhaite affiner les performances des athlètes. En effet, les pistes, les manches ainsi que les athlètes influent sur la dynamique de course et sur les prédictions que l'on pourrait effectuer. Il est donc essentiel d'affiner cette modélisation en incluant tous les effets individuels que peuvent produire ces variables et donc d'adopter des modélisations plus complexes dans le but d'optimiser la performance.

L'utilisation de modèle mixte semble être intéressante dans notre cas pour modéliser à la fois les effets fixes communs aux courses de BMX mais également les effets aléatoires liés aux pistes, à la manche, aux athlètes ... Mais permettent également de contrôler efficacement les effets liés aux interactions entre les athlètes pendant les courses et de tenir compte des dépendances entre les observations lorsque celle-ci sont répétés (un même athlète sur plusieurs manches différentes par exemples).

Cette modélisation pourrait se décrire comme tel :

$$Y_{ijk} = \beta + \alpha_1 (c1 + c1_i + c1_j + c1_k) + \alpha_2 (c2 + c2_i + c2_j + c2_k) + \alpha_3 (c3 + c3_i + c3_j + c3_k) + \alpha_4 (c4 + c4_i + c4_j + c4_k) + \alpha_5 (c5 + c5_i + c5_j + c5_k)$$

c1, c2, c3, c4, c5 : temps intermédiaires par portions

i : athlète

j : piste

k : manche

Conclusion

Les résultats de cette étude confirment l'importance cruciale de la première ligne en BMX et son impact sur le classement final. La position du coureur à l'intermédiaire T2, situé autour de 8 à 10 secondes de course, présente une corrélation statistiquement significative avec la position finale à l'arrivée. Il est donc primordial pour les entraîneurs de développer les qualités physiologiques nécessaires pour améliorer les performances des athlètes pendant cette phase critique. Le pédalage occupe une part importante lors de la première ligne, ce qui souligne l'intérêt de travailler cet aspect pour optimiser les départs. Cependant, il est important de noter que le BMX est un domaine de recherche encore peu exploré, et les paramètres de performance liés à un bon départ ne sont pas encore totalement définis. Des études approfondies sont nécessaires pour identifier les facteurs physiologiques, psychologiques et stratégiques clés permettant aux athlètes d'obtenir le meilleur temps et la meilleure position à la fin de la première ligne. Néanmoins, cette étude met en évidence l'importance d'une analyse approfondie et rigoureuse des données afin d'optimiser les retours d'informations liés aux différentes variables influençant la performance en BMX. Pour mieux comprendre les interactions entre les variables et ainsi pouvoir profiler les retours en fonction de ces variables (pistes, manches, sexe, athlètes ...).

Bibliographie

- Bertucci, W. M., & Hourde, C. (2011). Laboratory Testing and Field Performance in BMX Riders. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(2), 417-419.
- Cohen. J (1988), Statistical power analysis for the behavioral sciences, (2nd ed). Lawrence Elbraum associates
- Cowell, J., McGuigan, M., & Cronin, J. (2011a). Movement and Skill Analysis of Supercross Bicycle Motocross. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 26, 1688-1694.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234eb22>
- Cowell, J. F., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2011b). Time Motion Analysis of Supercross BMX Racing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(2), 420-421
- Daneshfar, A., Petersen, C., Gahreman, D., & Knechtle, B. (2020). Power Analysis of Field-Based Bicycle Motor Cross (BMX). *Open Access Journal of Sports Medicine*, 11, 113-121. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S256052>
- Hext, A., Hettinga, F., & McInernery, C. (2022). Tactical positioning in short-track speed skating : The utility of race-specific athlete-opponent interactions. *European journal of sport science*, 23, 1-23.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2069513>
- KENDALL, M. G. (1938). A NEW MEASURE OF RANK CORRELATION. *Biometrika*, 30(1-2), 81-93.
<https://doi.org/10.1093/biomet/30.1-2.81>
- Kendall, M.G. (1970). Rank Correlation Methods (4th ed). Griffin and Co. Ltd.
- Konings, M., Noorbergen, O., Parry, D., & Hettinga, F. (2016). Pacing Behavior and Tactical Positioning in 1500-m Short-Track Speed Skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 122-129.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0137>
- Konings, M., & Hettinga, F. (2018). Objectifying Tactics : Athlete and Race Variability in Elite Short-Track Speed Skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, 170-175.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0779>
- Louis, L. (2009). Le τ et le τ -b de Kendall pour la corrélation de variables ordinales simples ou catégorielles. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 5. <https://doi.org/10.20982/tqmp.05.2.p051>

- Macdermid, P., & Morton, R. (2012). A longitudinal analysis of start position and the outcome of World Cup cross-country mountain bike racing. *Journal of sports sciences*, 30, 175-182. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627368>
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., & Zabala, M. (2011). Pedaling Power and Speed Production vs. Technical Factors and Track Difficulty in Bicycle Motocross Cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3248. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f90847>
- Mateo-March, M., Blasco-Lafarga, C., Doran, D., Romero-Rodríguez, R. C., & Zabala, M. (2012). Notational Analysis of European, World, and Olympic BMX Cycling Races. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 502-509.
- Muehlbauer, T., & Schindler, C. (2011). Relationship between starting and finishing position in short track speed skating races. *European Journal of Sport Science*, 11, 225-230. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.499968>
- Rienzo, F., Martinent, G., Levêque, L., Macintyre, T., Collet, C., & Guillot, A. (2018). The influence of gate start position on physical performance and anxiety perception in expert BMX athletes. *Journal of Sports Sciences*, 36, 311-318. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1303188>
- Rylands, L., Roberts, S., Cheetham, M., & Baker, A. (2013). Velocity Production in Elite BMX Riders : A Field Based Study Using a SRM Power Meter. *Journal of Exercise Physiology Online*, 16.
- Rylands, L., & Roberts, S. (2014). Relationship between starting and finishing position in World Cup BMX racing. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14, 14-23. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868699>
- Rylands, L., Roberts, S., Hurst, H., & Bentley, I. (2016). Effect of cadence selection on peak power and time of power production in elite BMX riders : A laboratory based study. *Journal of Sports Sciences*, 35. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215491>
- Rylands, L., & Roberts, S. (2019). Performance Characteristics in BMX Racing : A Scoping Review. *Journal of Science and Cycling*, 8, 3-10. <https://doi.org/10.28985/1906.jsc.02>
- Sun, L., Tianxiao, G., Liu, F., & Tao, K. (2021). Champion Position Analysis in Short Track Speed Skating Competitions From 2007 to 2019. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.760900>
- Walker, D. A. (2003). JMASM9 : Converting Kendall's τ For Correlational Or Meta-Analytic Analyses. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 2(2), 525-530. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1067646360>

Résumé (abstract)

The first straight as a predictor of final ranking in BMX races

The aim of this observational study is to understand the relationship between the first straight and the final ranking in BMX racing. In the context of the complex analysis of BMX performance, due to multiple factors that are difficult to quantify (such as difficult technical characteristics and power data that are inaccessible under ecological conditions due to the high speed of movements), the start is recognised as a central element of BMX performance. This study aims to validate this hypothesis by analysing the correlations between intermediate and final rankings at World Cup and World Championship events between 2016 and 2022. The data includes 1,587 races involving 707 athletes. The data analysed includes the starting position as well as 4 intermediate points along the track. The data was analysed using Kendall's τ -b rank correlation. A strong correlation appeared from the second intermediate point, corresponding to the end of the first straight, around 10 seconds after the start ($t=0.65$, $P<0.01$). Furthermore, this correlation was stronger for riders in positions 1 to 3 ($t=0.627$, $P<0.01$) than for riders passing through positions 4 to 8 ($\tau=0.398$, $P<0.01$). These results highlight a strong correlation between an athlete's start and final position, suggesting that the development of positioning, handling and physical skills during this period could have an impact on final ranking.

Key words :

Bicycle motocross, race analysis, Cycling performance, Start gate, statistical methods

Annexes

Annexe 1 : Localisation des temps intermédiaires en coupe du monde et championnat du monde

